

*Nils Kr. Rossing, Ola Kleiven, Anne  
Birgitte Belboe, Rannvei Sæther, Eva H.  
Hagen*

## **Digital tegning, laser- og vynylkutting – DeKom**



Denne siden er blank

# Digital tegning, laser- og vinyl- kutting – DeKom

Nils Kr. Rossing, Ola Kleiven, Anne Birgitte Belboe,  
Rannvei Sæther, Eva H. Hagen



Foto: Eva H. Hagen

## Digital tegning, laser- og vinylkutting – DeKom

Trondheim 2021

ISBN 978-82-92088-68-5

Layout og redigering: *Nils Kr. Rossing, Vitensenteret i Trondheim*

Tekst og bilder: *Nils Kr. Rossing, Vitensenteret i Trondheim*  
*Rannvei Sæther, Vitensenteret i Trondheim*  
*Ola Kleiven, Vitensenteret i Trondheim*  
*Anne Birgitte Belboe, Vitensenteret i Trondheim*  
*Eva H. Hagen, Vitensenteret i Trondheim*

Faglige spørsmål rettes til:

**Vitensenteret i Trondheim**

v/Nils Kr. Rossing

[nkr@vitensenteret.com](mailto:nkr@vitensenteret.com)

Kongensgate 1

7011 Trondheim

Postboks 117

7400 Trondheim

Vitensenteret i Trondheim

Telefon: 72 90 90 07

<http://www.vitensenteret.com/>

Rev 1.5 – 10.02.21

Forsidebilde: Fra "Nytt og gammelt": Elever som har formgitt og skåret ut sine egne kurver,  
foto Anne Birgitte Belboe

Bilde side 3: Eva H. Hagen



---

## Forord

Hftet er skrevet som en hjelp til gjennomføring av 5. samling av DeKom-tilbudet: *Skapende aktivitet i klasserommet*, som ble gitt til Okstad skole, Tomasskolen og Vikhammer/Vikhammeråsen skole våren 2021.

Målsetningen med denne femte samlingen er å gi deltakerne en grunnleggende innføring i bruk av et digitalt tegneprogram som de kan anvende for å lage og bearbeide tegninger for laserkutting og eller vinylkutting. På dette tidspunktet skal deltakerne ha fått låne vinylkuttere slik at de kan prøve seg fram på egen skole mellom samlingene. Det vurderes å tilby at de kan lage underlag for laserkuttete kurver som vi kan skjære og returnere til skolene.

Hftet er ment som en støtte under arbeidet på kursdagen, men mest som en hjelp i det etterfølgende arbeidet i klasserommet, dog ikke uten videre for utdeling til elevene.

Tilbudet er initiert av Trondheim og Malvik kommune og finansiert av DeKom (Desentralisert Kompetanseheving) midler fra Udir.

De fem utstyrspakkene er finansiert av Trondheim kommune og er for utlån til skolene i prosjektperioden. Tanken er at de ev. skal lånes ut på nytt for senere deltakere i lignende kurs, ev. i andre sammenhenger hvor slikt utstyr er relevant.

Vitensenteret i Trondheim  
Februar 2021

Nils Kr. Rossing  
Ola Kleiven  
Rannvei Sæther  
Anne Birgitte Belboe  
Eva H. Hagen





## Innhold

<b>1 Innledning</b> .....	<b>11</b>
1.1 Organiseringen av arbeidet .....	11
1.2 Digitalisering av skolen .....	13
1.3 Hvorfor skal man lære å bruke vinyl- og laserkutting i skolen? ...	13
1.3.1 Vinylkutting .....	16
1.3.2 Laserkutting .....	17
<b>2 Digitale tegneverktøyer</b> .....	<b>19</b>
2.1 Vektorgrafikk .....	19
2.2 Tegning av geometriske mønster med Inkscape .....	20
2.2.1 Utgangspunkt i matematiske former .....	20
2.2.2 Design av skåler med Inkscape .....	22
<b>3 Framstilling av skåler som tverrfaglig undervisningsprosjekt</b> .....	<b>31</b>
3.1 Fra ideen til undervisningsopplegg .....	31
3.2 Den kreative designprosessen .....	32
3.3 Typer skåler .....	33
3.3.1 Ingen vridning fra lag til lag .....	33
3.3.2 Vridning fra lag til lag .....	35
3.3.3 Frihåndstegnede kurver .....	36
3.3.4 Montering .....	37
3.4 Et lite matematikkprosjekt for 5. – 6. trinn .....	38
<b>4 Skjæring av skålen på laserkutter</b> .....	<b>48</b>
<b>5 Tilrettelegging og skjæring av mønster på vinylkutter</b> .....	<b>55</b>
5.1 Forberedende arbeider i Silhoutte Studio .....	55
5.2 Betjening av vinylkutter .....	59
5.3 Bruk av varmpresse – Vinyl på tøy .....	64
5.3.1 Bruk av stor varmpresse .....	66
<b>6 Programmering av Bit:bot</b> .....	<b>69</b>
6.1 Introduksjon til Bit:bot .....	69
6.1.1 Bit:bot - sensorer og aktuatorer .....	69



6.1.2 Ekstraustyr .....	71
6.1.3 Installasjon av Bit:bot bibliotek .....	71
6.2 Innledende programmering av Bit:bot .....	72
6.2.1 Oppdrag 1 – Nærmest målet i avstand .....	73
6.2.2 Oppdrag 2 – Nærmest målet i avstand og tid .....	73
6.2.3 Oppdrag 3 – Nærmest målet bak hindring på kortest mulig tid	74
6.2.4 Oppdrag 4 – Kjør på veien gjennom Smartbyen .....	74
6.2.5 Oppdrag 5 – Kjør løypa fra Start til Mål raskest mulig og bruk blinklys	75
6.2.6 Oppdrag 6 – Lag en selvfølgende bil .....	76
6.2.7 Oppdrag 7 – kjør etter lysstrålen .....	77
6.2.8 Oppdrag 8 – Robotgressklipper .....	79
6.3 Fjernstyring av Bit:bot .....	79
6.3.1 Bruk av multi-edit .....	80
6.3.2 Akselerometeret .....	80
6.3.3 Programmering av sender-enheten .....	81
6.3.4 Programmering av mottaker-enheten .....	83
6.3.5 Tilleggsoppgaver til programmering av Bit:bot .....	88
6.3.6 Lys og lyd hos Bit:bot .....	89
<b>7 Referanser .....</b>	<b>91</b>
<b>Vedlegg A Brukerveiledning CorelDRAW .....</b>	<b>92</b>
A.1 Finne programmet – åpne programmet .....	92
A.2 Lage nytt dokument/tegneark – størrelse på arbeidet .....	92
A.3 Tegning av figurer .....	94
A.4 Lagring .....	95
A.5 Endre bredde eller høyde - låse forholdet .....	96
A.6 Kopier – Lim inn – Roter .....	97
A.7 Markere alle figurer .....	98
A.8 Endre grunnformen til figurer .....	98
A.9 Speiling .....	99
A.10 Lime flere figurene sammen og lag en felles linje i ytterkanten.	



---

Objekt – Shaping – Boundary .....	99
A.11 Flytt ytterlinjen av figuren – Boundary-linjen til ny plass. ....	100
A.12 Kopiere og forminske .....	100
A.13 Tykkelse på linjene - Hairline .....	101
A.14 Lage ramme rundt figuren .....	101
A.15 Avrunde hjørnet .....	102
A.16 Lagre og avslutt elev PC .....	102
A.17 Klar til å sendes til laserkutteren .....	102
<b>Vedlegg B Utstysrliste .....</b>	<b>104</b>
B.1 Utstyr for vinylkutting .....	104





# 1 Innledning

Tema for denne samlingen er fordelt på følgende tema:

- **Digital tegning** og behandling av digitale bilder er grunnlaget for bruk av f.eks. vinylkutting og laserkutting. Det har ikke vært lett å finne et digitalt tegneverktøy som tilfredsstill alle krav, men vi har endt opp med å foreslå **Inkscape**. For å være istand til å bruke skjæreverktøy som vinyl- og laserkuttere, så er vi avhengig av å bruke et tegneverktøy som kan levere *vektoriserte* filer, dvs. filer som inneholder koordinater som skjæreverktøyet kan bevege seg mellom.
- **En vinylkutter** har en kniv som kan skjære ut vektoriserte former i en tynn vinylfilm ev. i papir, filt eller stoffer. Når filmen er skåret, piller man bort de delene man ikke ønsker. Resten blir liggende igjen på en plastbase og kan overføres enten på tøy (f.eks. T-skjorter) eller harde flater. En varmpresse kan brukes til å feste vinylen til tøyet, mens limet på undersiden av vinylen fester til harde flater.
- **I en laserkutter** har man byttet ut kniven med en laserstråle som kan skjære eller brenne seg gjennom fiberplater (MDF), kryssfiner, akryl, lær eller papp o.l. Laserkutteren ved Vitensenteret er på 120 W og kan skjære seg gjennom treplater på opp mot 10 mm. Tynne plater ned mot 2 mm kan man skjære raskt, mens tykkere plater tar lengre tid. Selv om man skjærer i plater så kan man lett bygge opp 3D-strukturer. Det finnes en mengde ferdige design-programmer som gjør at man ganske lett kan få skåret ut esker som kan fuges sammen, tannhjul slik at man kan lage gir, eller kartprofiler slik at man kan bygge opp 3D-strukturer plate for plate eller også programmer for å skjære ut puslespill med mere.

## 1.1 Organiseringen av arbeidet

Arbeidet denne dagen er delt inn i to hoveddeler, en før og en etter lunsj. Vi har dessuten valgt å tilby to parallelle aktiviteter etter lunsj. En for de som ønsker å jobbe mer med programmering av micro:bit og en for de som vil prioritere bruk av laserkutter.

Se forøvrig programmet under:

Tid	Tema	Kommentar
08:30 – 09:00	Introduksjon og omtale av dagens program. Deltagerne refererer fra egen loggbok	Velkommen og praktisk <ul style="list-style-type: none"><li>• Presentasjon av erfaring (fra loggboka)</li><li>• Spørsmål etter forrige samling</li><li>• Dagens program</li><li>• Status utstyrspakker</li><li>• Status prosjekt i klassen</li><li>• Behov for veiledning?</li></ul>
09:00 – 09:15	<b>Starter:</b> Bee:bot	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se hvilke muligheter med Bee:bot som intro til programmering</li></ul>



09:15 – 12:00	<b>Arbeidsøkt 1:</b> Trening på bruk av tegneverktøy og praktisering på vinylkutter	<ul style="list-style-type: none"><li>• Presentasjon av muligheter med vinylkutter</li><li>• Bruk av digitalt tegneprogram (Skratch, annet)</li><li>• Tegne mønster</li><li>• Bruk av programmet Silhouette</li><li>• Bruk av vinylkutter</li><li>• Bruk av varmepresse</li></ul>
12:00 – 12:30	Lunsj	
12:30 – 15:30	<b>Arbeidsøkt 2, Alt. 1: Laserkutting</b> Trening på bruk av tegneverktøy og praktisering på laserkutter. En ser hvordan matematikken berører design av kurver.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Presentasjon av muligheter med laserkutter</li><li>• Bruk av digitalt tegneprogram for tegning av kurvmønster</li><li>• Matematikk og tegning av kurvmønster</li><li>• Bruk av laserkutteren</li></ul>
12:30 – 15:30	<b>Arbeidsøkt 2, alt. 2: Bit:bot</b> Programmering av Bit:bot	<ul style="list-style-type: none"><li>• Presentasjon av muligheter med bit:bot</li><li>• Enkle kommandoer for kjøring og sving</li><li>• Programmering av lyd og lys</li><li>• Følg linje og unngå hindringer</li><li>• Bruk av radio og akselerometer, Fjernstyring av robot med håndholdt micro:bit</li><li>• Bit:bot konkurranse</li></ul>
15:30 – 16:00	Oppsummering og oppgaver til neste gang	Oppgaver til neste gang <ul style="list-style-type: none"><li>• Jobbe med Inkscape i klasserommet bruk av vinylkutter og varmepresse.</li><li>• Introdusere Bit:bot i klasserommet, ev. arbeide med kurvdesign i et samarbeid mellom K&amp;H og matematikkfaget.</li><li>• Jobbe med prosjekt i klasserommet</li><li>• Lesestykke Utdrag av “Lifelong Kindergarten”</li><li>• Svare på spørsmål i loggboka</li></ul>

## 1.2 Digitalisering av skolen

Etter mange år med datahjelpemidler i skolen er det mange som stiller spørsmål ved verdien av digitaliseringsprosessen som har pågått gjennom 30 – 40 år i skolen. Det er selvfølgelig mange som har forsket på og skrevet om dette gjennom flere år. I des. 2020 ble boka “Det store digitaliserings-eksperimentet i skolen” gitt ut på Fagbokforlaget. Boka er skrevet av **Marte Blikstad-Balas**, professor ved universitetet i Oslo som i mange år har forsket på hvordan digitaliseringen har endret skolehverdagen i Norge. Medforfattere er **Per Kornhall**, svensk ekspert på skole spørsmål og tilknyttet EU-kommisjonen, og **Jenny Maria Nilsson**, svensk journalist og forfatter som i over ti år har skrevet om digitaliseringen i svensk skole. Boka oppsummerer forskningsresultater gjennom mange år fra både Sverige og Norge, og fra internasjonale studier.

Meget kort oppsummert kan man si at inntrykket jeg sitter igjen med etter å ha lest den er:

- Det er vanskelig å påvise økt læring som resultat av innføring av digitale hjelpemidler i skolen.
- Der man har sett økt læringsutbytte så skyldes det hovedsakelig at læreren har klart å anvende de digitale hjelpemidlene på en konstruktiv måte.

Konklusjonen blir egentlig at med digitale læremidler i skolen så blir lærernes rolle som tilrettelegger kanskje enda viktigere enn i en mer tradisjonell undervisning.

Det jeg også registrerer er at den forskningen som refereres til i liten grad er knyttet til bruk av digitale verktøymaskiner for realisering av elevers produkter. Dvs. der fokus er den kreativt skapende prosessen hvor digitale hjelpemidler tilføres for å realisere produkter. Inntrykket er at boka fokuserer på erfaringer knyttet til programmer som hjelp til å bygge opp teoretisk kunnskap.

Noe man imidlertid ikke unngår er utfordringer knyttet til tekniske problemer og vedlikehold som alltid vil være en utfordring med avansert teknisk utstyr.

## 1.3 Hvorfor skal man lære å bruke vinyl- og laserkutting i skolen?

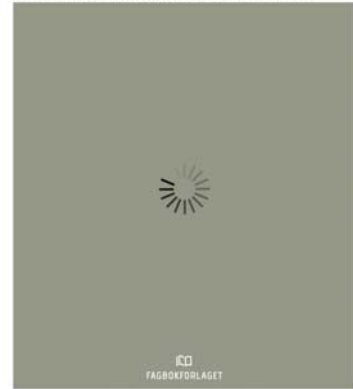
Et naturlig spørsmål er hvorfor elever skal lære å bruke digitale verktøymaskiner i skolen. Hvorfor kan de ikke like godt bruke tradisjonelt verktøy som sag, kniv, fil, skrujern, hammer, sandpapir, stifter, skruer osv.?

Vi er av den oppfatning at elever også må lære å bruke tradisjonelt verktøy, ikke minst fordi de færreste disponerer avansert og kanskje dyrt utstyr som vinyl-, laserkuttere og 3D-printere o.l.. Dessuten er tradisjonelt verktøy absolutt nødvendig når en skal utføre generelt vedlikehold og reparasjoner som vi i stadig større grad blir oppmuntret til med hensyn til økt bærekraft. Videre er slikt verktøy nyttig for å bearbeide f.eks. laserkuttete og 3D-printede deler. Det er derfor i aller høyeste grad snakk om ett både og.

Marte Blikstad-Balas, Per Kornhall og Jenny Maria Nilsson

Med forord av: Neil Selwyn

### DET STORE DIGITALISERINGS- EKSPERIMENTET I SKOLEN





Med digitale verktøymaskiner mener vi *numerisk styrte maskiner*, dvs. maskiner som arbeider i et to- eller tredimensjonalt koordinatsystem på grunnlag av digitale filer som inneholder kommandoer for styring av en kniv, et bor, en fres, en nål, en laser, en ekstruder (3D-printer), en robotarm eller skrivhode o.l.. Vi finner etter hvert slike maskiner over alt. Selv symaskiner for hjemmebruk har numerisk styrte funksjoner for brodering av f.eks. av mønster og tekst.

For å kunne bruke slike maskiner må man lære seg et *modelleringsverktøy*. Det er gjerne ved hjelp av modelleringsverktøyet at den *skapende prosessen* skjer. I denne fasen er evnen til å formgi et produkt slik at det fungerer etter hensikten viktig, og kunnskaper knyttet til *Kunst og håndverksfaget* og *Teknologi og design* blir derfor særdeles viktige.

Modelleringsverktøyet kan være ulike varianter av tegneverktøy eller et 3D-modelleringsverktøy. Felles for disse verktøyene er at de bruker *vektorer* for å beskrive det som skal fremstilles. Vektorer angir punkter i et koordinatsystem, punkter som beskriver hvor verktøyhodet skal forflytte seg under prosessen. Med andre ord det er en meget nær sammenheng mellom *matematikk*, modelleringsverktøyet og maskinenes virkemåte. En kan tenke seg at designeren av et produkt er “skjermet” for de matematiske sidene av prosessen, men slik er det ikke alltid som vi skal se. Matematikken kan gjøres svært synlig i design-prosessen og bli et særdeles nyttig hjelpemiddel i den kreative prosessen.

På denne måten blir arbeidet med digitalt modelleringsverktøy og numerisk styrte verktøymaskiner til *tverrfaglige prosjekter*.

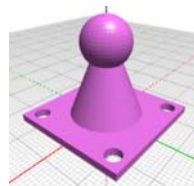
I avsnittene under forsøker vi å begrunne de valgene vi har gjort i disse undervisningsoppleggene.

Generelt kan vi argumentere slik:

- **Finnes over alt:** Elevene vil møte numeriske verktøymaskiner både i et framtidig arbeidsliv, men også som hjelpemidler i hjemmet som f.eks. symaskiner og 3D-printere.
- **Fart og kvalitet:** Digitale verktøymaskiner gir større muligheter mht. hva man kan lage, både med hensyn til presisjon, kvalitet, fart og ikke minst, de har en unik evne til å gjenta arbeidsoppgaver likt fra gang til gang, dermed blir kopiering lett.
- **Lett og dele:** Siden arbeidstegningene er digitale og lett lar seg eksportere, så gjør dette at deling og videreutvikling er enkelt. Å bygge på andres ideer og arbeider kalles “Remixing”, som det i mange sammenhenger oppmuntres til.
- **Tverrfaglighet:** Bruk av digitale verktøymaskiner er i sin natur tverrfaglige og det er ikke vanskelig å finne tilknytningspunkter til flere skolefag.
- **Autentisitet:** Bruk av slikt utstyr gir også elevene en opplevelse av autentisitet, det er slikt utstyr man bruker i arbeidslivet, det er ikke utstyr som er spesielt tilrettelagt for opplæring og skolebruk.
- **Lavere prisnivå:** Numerisk styrte verktøymaskiner er de seneste årene blitt særdeles billige og flere og flere har nådd et prisnivå som gjør det mulig å bruke dem i undervisningen og til privat bruk.



- **Høyt læringspotensial:** Som ved all programmering og modellering så vil elevene oppleve så og si umiddelbar tilbakemelding på de valg de gjør. Programmering av maskinvare (f.eks. micro:bit) vil ved utprøving gi studentene visuell tilbakemelding om det ble som tenkt, som regel uten risiko for skade. Det samme gjelder tegning og modellering av gjenstander for utskrift. Modelleringsverktøyet er ofte utstyrt med visualisering som viser resultatet. Dette er både fascinerende og særdeles nyttig.



Men det skal ikke benektes at det også er flere utfordringer knyttet til bruk av slikt utstyr. La oss nevne noen:

- **Kostnader:** Selv om utstyret begynner å komme i en prisklasse som gjør det mulig å kjøpe inn til skolen, så er det kostbare ting. En vinylkutter koster typisk kr. 3 – 4 000,-, en 3D-printer fra 3 – 20 000,- og en laserkutter fra kr. 30 000 – 500 000,-.
- **Ansvarlig person:** Det er særdeles viktig at det ved hver skole utpekes en som er ansvarlig for utstyret og som sørger for at brukerne får skikkelig opplæring, utfører jevnlig vedlikehold av utstyret og at ødelagte deler byttes ut. Uvettig og feil bruk er ofte årsaken til at utstyret slutter å fungere og dermed blir stående ubrukt.
- **Virker ikke:** Dessverre er det ofte slik at datamaskiner og digitale verktøy-maskiner kan være krevende og installere og å drifte. Plunder med igangsetting er derfor en hyppig årsak til at utstyr blir stående ubrukt fordi lærerne er redde det skal ta for mye tid å ta det i bruk.
- **De vanskelige spørsmålene:** Vi tenker da spesielt på alle de spørsmålene som elevene kan komme med som en litt usikker lærer ennå ikke har nok erfaring til å kunne svare på. Da blir det for enkelt å si at lærer og elever kan finne ut svarene sammen.

### Aktuelle kompetansemål fra Fagfornyelsen 2020:

Under har vi samlet noen kompetansemål fra Fagfornyelsen som kan være spesielt aktuelle for denne samlingen.

#### Matematikk:

- *beskrive eigenskapar ved og minimumsdefinisjonar av to- og tredimensjonale figurar og forklare kva for eigenskapar figurane har felles, og kva for eigenskapar som skil dei frå kvarandre*
- *utforske og beskrive symmetri i mønster og utføre kongruensavbildingar med og utan koordinatsystem*
- *bruke variablar, lykkjer, vilkår og funksjonar i programmering til å utforske geometriske figurar og mønster (f.eks. ved bruk av Scratch)*

#### Naturfag

- *designer og lage et produkt basert på brukerbehov*



## Kunst og håndverk:

- bruke digitale verktøy til å planlegge og presentere prosesser og produkter
- bruke programmering til å skape interaktivitet og visuelle uttrykk
- designe og lage en utstilling som viser fram prosess og produkt

### 1.3.1 Vinylkutting

Som navnet sier så skjærer vinylkutteren i en tynn film av vinyl. Vinylen er festet til en tykkere plastduk som holder bitene på plass selv etter skjæring, ev. kan man legge over et papir som hefter til vinylbitene som så kan overføres til den aktuelle gjenstanden eller tøyet. Biter som ikke hører til i det endelige mønsteret pirkes bort før mønsteret overføres til en hard og plan flate eller til tøy eller andre myke flater. Det overførte mønsteret kan så festes permanent ved hjelp av oppvarming. Den innkjøpte varmpressen er ment for å trykk på tøy slik at mønstrene blir permanente og robuste nok til å kjøres i vaskemaskin.

#### Her er noen ideer til små prosjekter:

- Personlig dekorasjon på forklær som elevene har sydd i faget Kunst og håndverk
- Framstilling av skilt, hvor vinylen kan forme symboler og tekst og legges på plater
- Sett navn på personlige gjenstander
- Lag personlige T-skjorter eller felles T-skjortemønster til klassen, en forening eller klubb.
- Dekorere egne vesker eller bager med matematiske mønster

#### Fra Skaperskolen:

Her kan du hente ideer fra Skaperskolen:

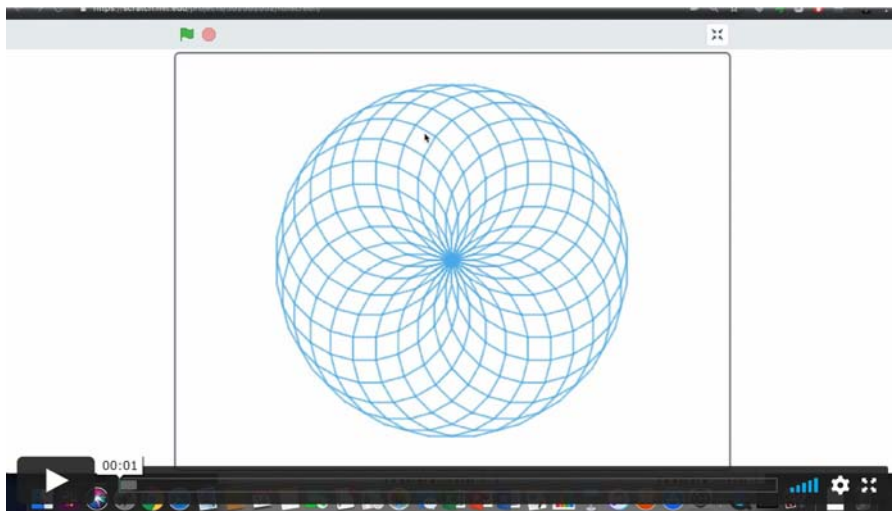
<https://skaperskolen.no/5-7-trinn/kreativ-programmering/>

La elevene jobbe kreativt, utforskende og skapende med matematikk, kunst og programmering. Elevene lager mønstre av geometriske former med blokkbasert programmering og tar det ut i fysisk format med vinylskjærere.



## Bruk av Scratch for å skape matematiske mønster

Her forteller Jon Haavie om hvordan en kan bruke Scratch for å lage fine matematiske mønster: <https://skaperskolen.no/programmer-geometriske-former-i-scratch/>



### 1.3.2 Laserkutting

Laserkutteren minner på noen måter om vinylkutteren, men der vinylkutteren skjærer tynn vinyl kan laserkutteren *skjære og grave* i plater opp til 10 mm ved hjelp av en kraftig laser (40 – 120W). En laserkutter gir derfor muligheter til å bygge tredimensjonale strukturer. Her kan f.eks. sammenføyninger av utskårne plater være en viktig metode.

I vårt eksempelprosjekt skal elevene designe en kontur, gjerne på bakgrunn av geometriske former. Konturen danner utgangspunktet for en skål ved at konturen kopieres og skaleres en rekke ganger. Ut fra laserkutteren kommer en flat struktur som kan få en tredimensjonal form ved at kontur-ringene vrís og legges på hverandre.

Prosessen gir tilstrekkelig frihet til at elevene får brukt sine kreative evner, samtidig som rammene er så pass stramme at produktet blir særdeles vakkert i sin enkle form. For de som tviler på at dette passer for elever på 5 – 6 trinn, se avsnitt avsnitt 3.4 på side 38.

Tegneverktøyet som brukes kan være felles for vinyl- og laserkutting.





### Her er noen ideer til små prosjekter:

- **Design og framstilling av skåler**  
(se avsnitt 3 på side 31)
- **Framstilling av bokser og kabinetter** av ulike slag  
<https://makeabox.io/>
- **Framstilling av tannhjul**  
<https://software.informer.com/search/GearDXF>
- **Framstilling av spill** – Laserkutting, 3D-printing og tinnstøping

Dette er et prosjekt hvor elever designer spillplater som skjæres ut og graveres, mens brikkene designes i et 3D-modelleringsprogram og skrives ut på 3D-printer. Man kan også 3D-printe støypeformer som kan brukes til støping i tinn. Undervisningsopplegget er beskrevet i heftet: Laserkutting, 3D-printing og tinnstøping

<https://www.ntnu.no/skolelab/bla-hefteserie>

Og er gjennomført på Sverresborg ungdomsskole og ved Birralee i barneskolen.



- **Idehefte for bruk av laserkutter**  
Her finnes en rekke forslag til hva man kan bruke en laserkutter til.  
<https://www.ntnu.no/skolelab/bla-hefteserie>

## 2 Digitale tegneverktøyer

Det finnes en rekke digitale tegneverktøy på markedet. Utvalget begrenses imidlertid dramatisk når en stiller følgende krav:

- Lav kostnad, helst gratis
- Godt brukergrensesnitt
- Tilrettelagt for Chromebook, nettbrett og PC/Mac
- Vektorbasert og godt egnet for bruk knyttet til vinyl- og laserkuttere

Om vi har lyktes i våre valg vil vise seg.

Vi har valgt å gå videre med *Inkscape* som er et gratis vektorbasert tegneprogram med mange muligheter. Det har eksistert gjennom mange år, men det er først nylig at versjon 1.0 er lansert.

Vi velger å ta for oss en konkret oppgave som vi har testet ut med suksess på 5. trinn i 2019. Det var Anne-Birgitte Belboe som gjennomførte undervisningsopplegget “Nytt og gammelt” ved Vitensenteret. Framstilling av laserkuttete kurver var en vesentlig del av elevtilbudet samtidig som elevene fikk lov til å prøve seg på treskjæring.



### 2.1 Vektorgrafikk

En forutsetning for å kunne styre laser- og vinylkuttere er at tegneprogrammet arbeider med *vektorgrafikk*, i motsetning til *rastergrafikk*. Mens rastergrafikken bygger opp bildet ved hjelp av punkter som dekker hele planet, så bygges vektorbasert grafikk opp av linjer trukket mellom punkter i et koordinatsystem. Fordelene med vektorgrafikk er mange, blant annet at den fritt kan skaleres opp og ned uten å miste oppløsning. Siden figurene er bygget opp av linjer trukket mellom punkter så tar figurene også mye mindre plass i datalageret. For å trekke en rett linje, uansett hvor lang, så trenger maskinen kun å “huske” to punkter. I tillegg kommer informasjon om linjetykkelse, farge og noen ganger formen til linjene som er trukket mellom punktene. Det viktigste for oss er imidlertid at skjærehodet eller laseren kan følge linjene fra punkt til punkt slik at vi får skåret løs biter av en folie eller plate i henhold til det vi har tegnet av geometriske figurer.

En laserkutter kan også håndtere rastergrafikk ved at den svisper over en hel flate og graverer hvert punkt i henhold til mørkhetsgraden til punktet. Siden den må innom hvert punkt, vil rastergrafikk ta vesentlig mer tid enn selve kutte-prosessen. En flate på 40 x 40 cm med rastergrafikk tar gjerne en time å skrive ut, mens det tar sekunder å skjære ut den samme flata.

Vektorgrafikk er knyttet til filformater av typen SVG, ESP, DXF og PDF, mens rastergrafikk er knyttet til formater av typen JPEG, PNG, APNG, GIF og MPEG4.

Enkelte vektorbaserte tegneprogrammer kan lage tegninger i mange formater. I så måte er det viktig å velge et lagringsformat som gjør at tegningen beholder den vektorielle informasjonen. Lagring i PDF-format blir mye brukt i vår sammenheng. Likeså ser det ut til DXF-formatet egner



seg for vinylkutteren og for overføring til programmet som styrer vinylkutteren, Silhouette Studio.

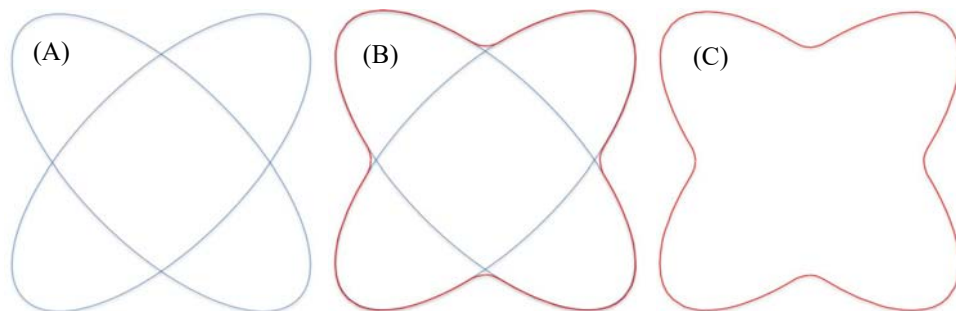
Det finnes en rekke vektorbaserte tegneprogrammer: Inkscape, CorelDRAW, Gravit Designer, Inkpad (for nettbrett) med flere.

## 2.2 Tegning av geometriske mønster med Inkscape

Vi skal først ganske kort beskrive framgangsmåten. Prosjektet er i sin natur tverrfaglig med innslag av kunst og håndverk og teknologi, godt støttet av geometri og matematikk. Som eksempel velger vi et mønster som egner seg for framstilling av kurver, men som også kan brukes for vinylkutting.

### 2.2.1 Utgangspunkt i matematiske former

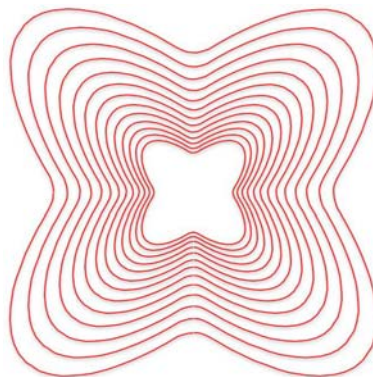
Elevene blir bedt om å lage en sluttet form. Den kan være symmetrisk eller usymmetrisk. I tillegg bør den ha noen egenskaper som gjør den egnet til formålet: Å framstille en skål. Disse egenskapene vil elevene sammen med læreren få lov til å oppdage, eller utforske underveis. I eksempelet vårt har vi tatt utgangspunkt i to like ellipser, hvor formen er relativt tilfeldig ((A) figuren under).



Deretter tegner vi omhyllingskurven til ellipsene (B). I dette tilfellet har vi tegnet omhyllingskurven digitalt “for hånd”. Som oftest kan tegneprogrammet gjør dette automatisk som vi skal se.

Så fjerner vi ellipsene og står igjen med omhyllingskurven alene (C). Det er denne kurven vi nå skal videreutvikle til grunntegningen for en skål.

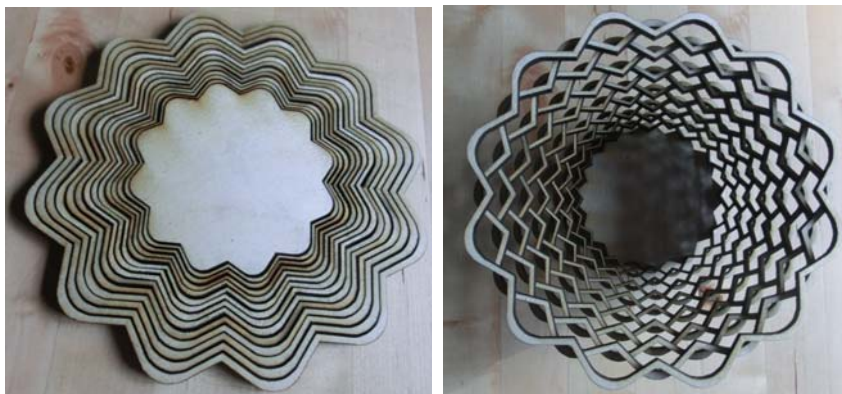
Dersom omhyllingskurven består av flere deler samles disse slik at de blir en enhet (*Gruppering*). Så kopierer vi omhyllingskurven og nedskalerer den (forminsker), med et prosenttall. Det er vanlig å velge mellom 90 – 95%. Slik fortsetter vi å kopiere og forminske kurven, hele tiden med den samme nedskaleringsfaktoren av den forrige. Slik fortsetter vi til vi har dekket flaten som vist på figuren til høyre. I dette tilfellet er hver kurve sentrert om det samme midtpunktet.



Forminsker med 90% fra den utenfor

Dette er så utgangspunktet for fila som sendes til laserkutteren. Vi bruker 3 eller 6 mm plater av MDF eller finer. Laserkutteren vil så skjære ut konturene slik at vi får et sett med “ringer” som kan stables opp på hverandre.

Siden de akkurat passer inn i hverandre, er det vanlig å vri dem litt i forhold til hverandre slik at strukturen vokser i høyden som vist på bildene under. Som vi ser så har denne skålen en litt annen form enn den vi omtalte foran.



Fra “flatpakke” til kurv

I denne oppgaven får elevene trent på følgende:

- Geometriske grunnformer (ellipse)
- Symmetri
- Dreining, vinkler
- Omhyllingskurver
- Kopiering, sentrering og skalering

Vi skal senere se at vi i tillegg kan få bruk for flere matematiske begreper.

Før vi gjør det skal vi se hvordan vi kan bruke tegneprogrammet Inkscape til å lage lignende former.



## 2.2.2 Design av skåler med Inkscape

Det er vår overbevisning at man lærer å bruke et tegneprogram ved å bruke det til å realisere et produkt, og da helst et produkt man har ideen til selv. Vi skal derfor ta utgangspunkt i formen omtalt foran og se hvordan vi kan bruke programmet Inkscape til å gjenskape den.

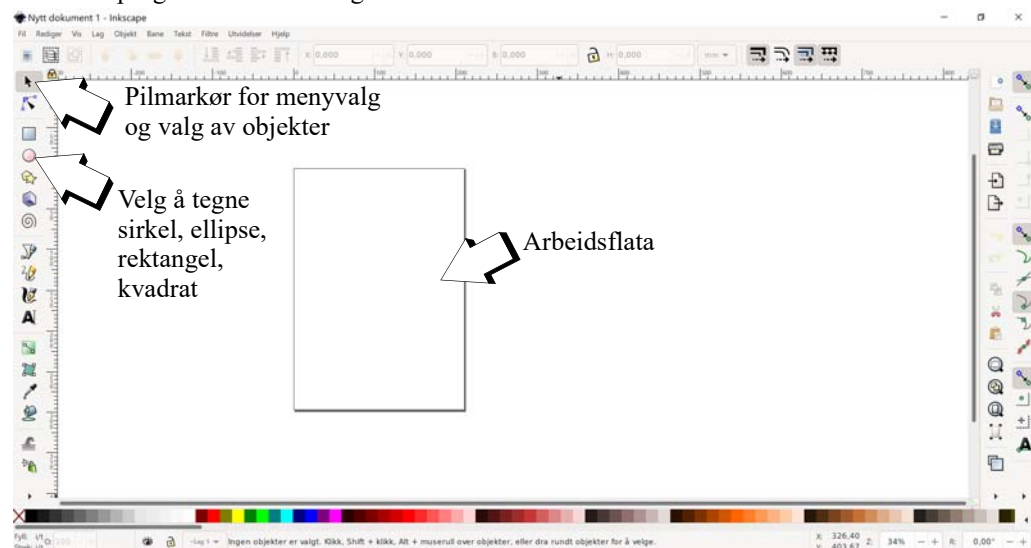
### Installasjon av programmet

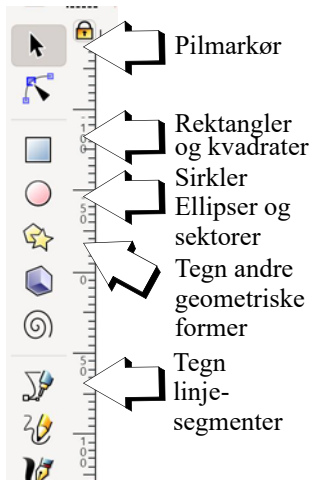
Inkscape er et gratisprogram som lastes ned og installeres på en PC eller en Mac og som i følge ansatte i Trondheim kommune også finnes som en app for Chromebook. Det anbefales sterkt å bruke mus ellet annet tegneverktøy.

1. Gå til: <https://inkscape.org/release/inkscape-1.0.1/>  
Velg den versjonen som passer til din bruk (Windows, Mac, Linux)



2. Last ned og installer
3. Start programmet ved å velge ikonet:





#### 4. Test ulike tegneverktøy:

*Arbeidsflata* er der vi utfører tegningen.  
**Flytt arbeidsflaten horisontalt** ved å velge “shift” og drei hjulet på musa.

**Flytt arbeidsflaten vertikalt** med hjulet på musa

**Zoom inn og ut** ved velge “ctrl” og drei hjulet på musa.

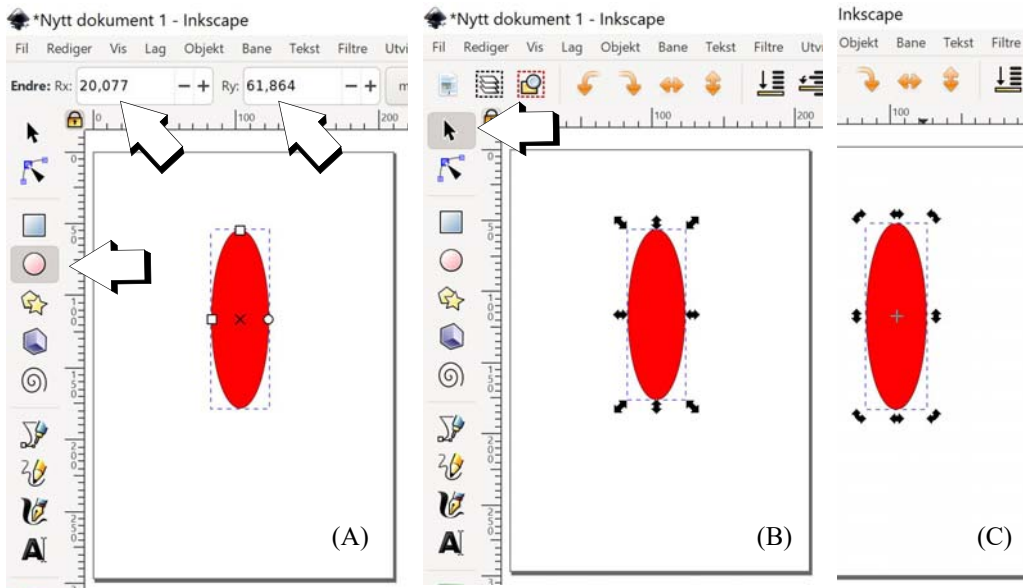
**Pilmarkøren** er den vi vanligvis bruker når vi skal gjøre valg i menyen, eller av objekter på arbeidsflata. Den fungerer også for innramming av ett eller flere objekter.

Tegn **rektangler og kvadrater**.

Tegn **sirkler, ellipser og sektorer**.

Tegn **linjesegmenter** som henger sammen til man kommer helt rundt

#### 5. Tegn en ellipse – Bruk menyen til venstre for å tegne en ellipse



Ved å klikke på ellipsen får man opp “håndtak” slik at man kan endre på radiusen i x- og y-retning (Rx og Ry), dvs. ellipsen kan “strekkes” eller “krympes” (A) i to retninger.

Ved å velge pekemarkøren og klikke en gang på ellipsen får man opp piler som gjør at man kan strekke ellipsen på vanlig måte (B).

Klikker man en gang til på ellipsen, får man opp håndtak som gjør at ellipsen kan dreies (C).



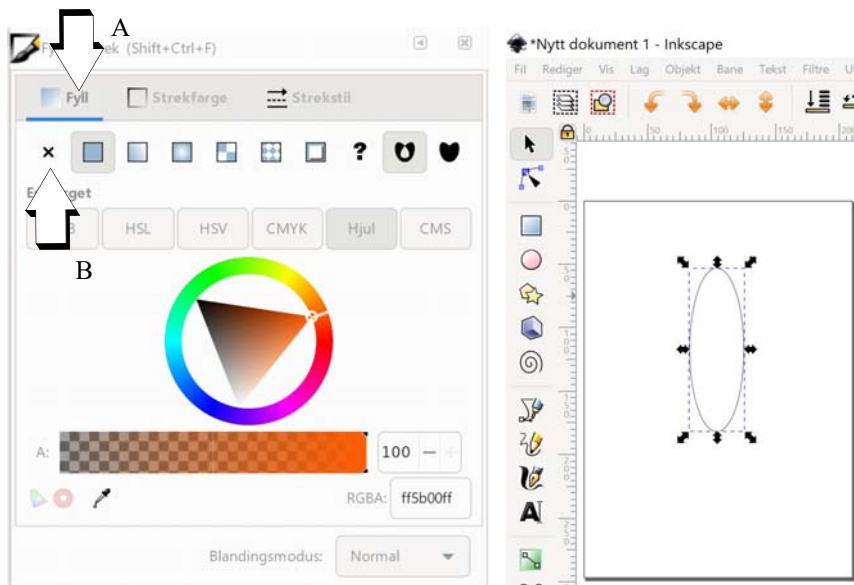
## 6. Velg farger og fjern fylling

Når vi tegner et objekt som f.eks. en ellipse, så tegnes den vanligvis fylt med en farge om vi ikke velger noe annet. Til vårt bruk kan det være greit å jobbe uten fylling og med svart som kantfarge.

Nederst under arbeidsflaten finner vi en fargemeny. Til venstre er to feltet som viser fargen som fyller ellipsen (rød) og fargen til kantlinjen (sort).



Trykker vi på en av disse feltene kommer fargemenyen opp til høyre for arbeidsflata. Figuren under viser menyen. På menylinja øverst i menyen ser vi at vi kan velge mellom “Fyll”, “Strekfarge” eller “Strekstil”. Vi har valgt “Fyll” (A), som indikerer at resten av menyvinduet handler om egenskaper ved fyllfargen. På linja under kan vi bl.a. velge graderingen av fyllfargen. Lengst til venstre på denne linja er tegnet et × som indikerer *ingen fyllfarge* (B). Vi velger den..



Vi ender da opp med en ellipse som er uten fyllfarge som vist til høyre på figuren over.

## 7. Kopiering av et objekt

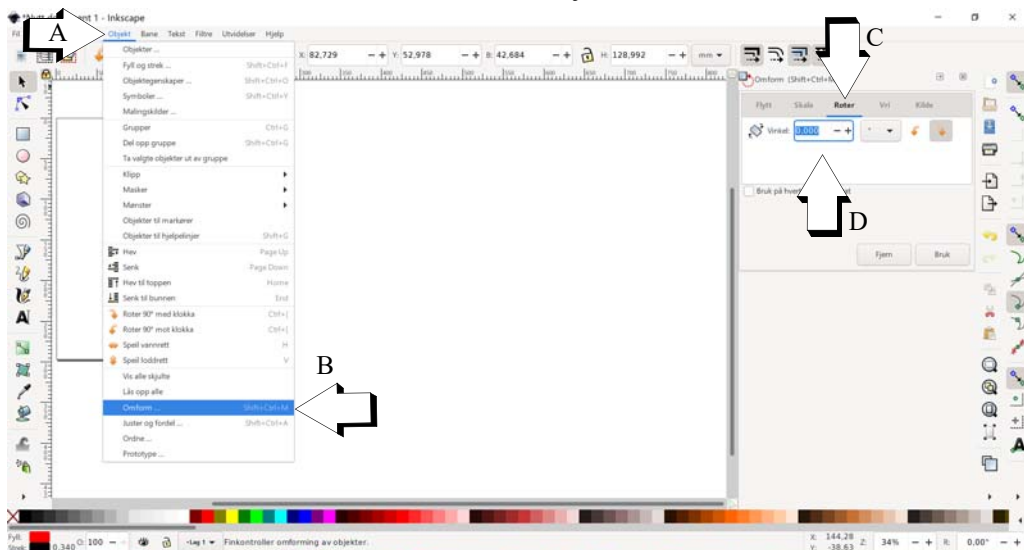
Vi ønsker i utgangspunktet og bruke to ellipser. Vi klikker på den vi har og kopier på vanlig måte: “ctrl” + “c” etterfulgt av “ctrl” + “v”. Dermed har vi to ellipser.



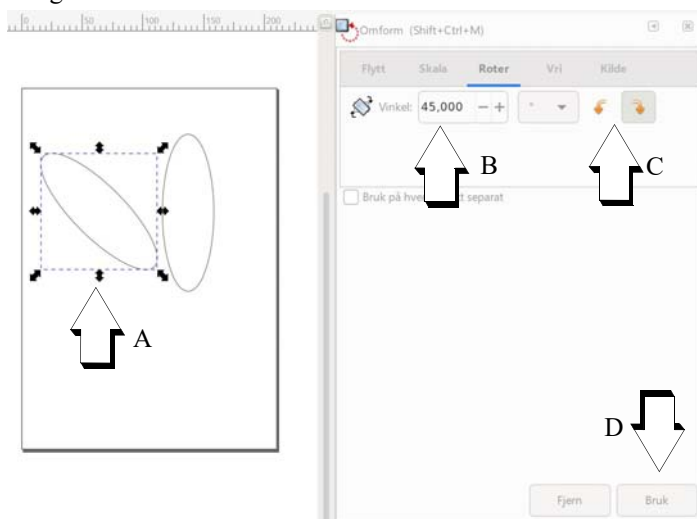
## 8. Kontrollert dreining

Ønsker vi en kontrollert dreining ved å angi dreiningsvinkelen, kan vi velge “Object” (A) på menylinjen, og deretter “Omform” (B) som vist på figuren under. Da får vi igjen opp et menyvindu til høyre for arbeidsflaten.

Midt på menylinjen til det nye menyvinduet, finner vi fanen “Roter” (C). I innboksen (D) kan vi sette inn den vinkelen vi ønsker å dreie objektet vårt.



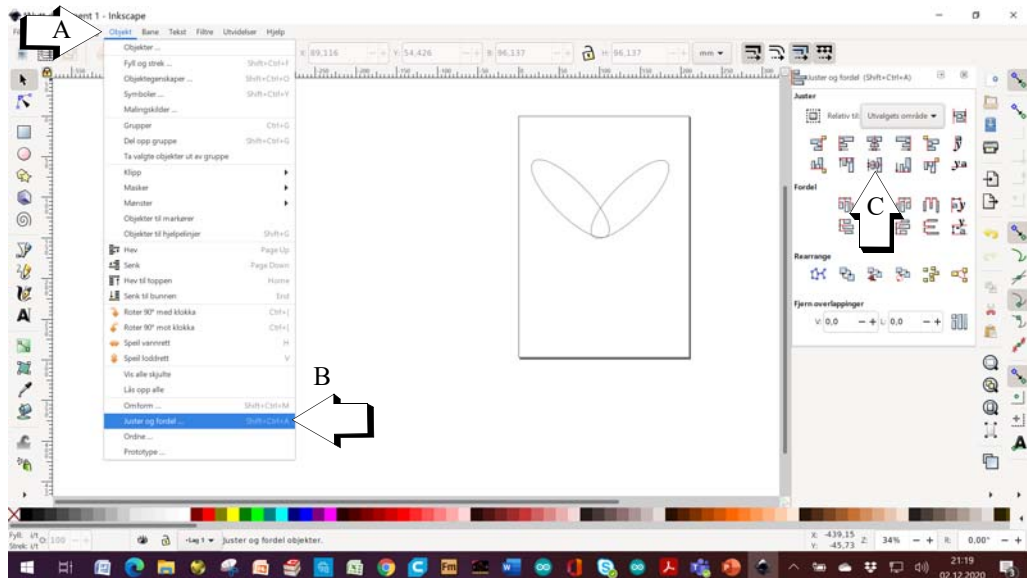
Vi klikker på (markerer) den ellipsen ønsker å dreie (A) og skriver inn den ønskede vinkelen (B) i grader (45°) for deretter å velge hvilken vei dreiningen skal skje (C). Til slutt velges “Bruk” (D) og ellipsen dreier seg. Gjør det samme med den andre ellipsen, men drei den 45° i motsatt retning.





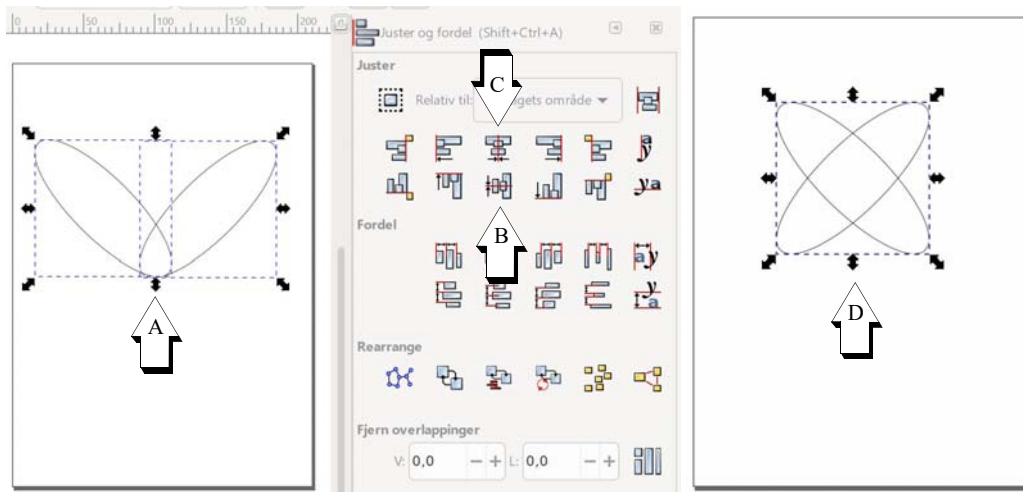
## 9. Sentrering

Det neste vi må gjøre er å sentrere de to ellipsene slik at de ligger sentrert over hverandre. Gå til den opprinnelige menylinjen og velg “Objekt” (A), og velg deretter “Juster og fordel...” (B). Vi får da opp en ny meny til høyre som omhandler justering. Her finner vi to ikoner som vi kan bruke til å sentrere de valgte objektene horisontalt og vertikalt (C).



Figuren under viser et nærbilde av arbeidsflaten og menyen til høyre.

Vi merker de to ellipsene (A) og velger horisontal (B) og vertikal sentrering (C). Da vil vi få et symmetrisk bilde lik det vi ser til høyre på figuren under (D).

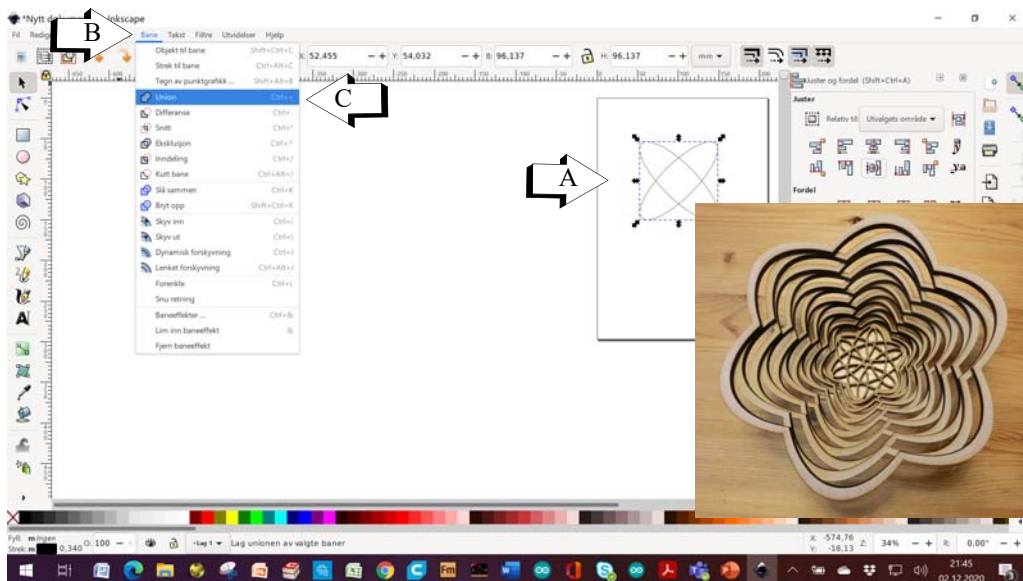


## 10. Omhyllingskurve

Det neste vi nå skal gjøre er å finne omhyllingskurven til vår symmetriske figur. Dette er en kurve som følger ytterkanten av figuren vår, for det er den som vi skal bruke som utgangspunkt for kurven vår.

- Det første vi må gjøre er å merke de to ellipsene (A)
- Dernest velger vi “Bane” på menylinjen (B)
- Så velger vi “Union” fra nedtrekksmenyen (C)

Gjør vi det får vi en sammenkobling av de to ellipsene (“Union”) som gir oss kurven langs ytterkanten, omhyllingskurven, som vi er på jakt etter. Alternativt kan vi merke ellipsene og trykke “ctrl” og ++.

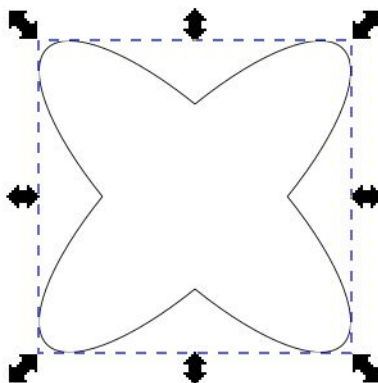


Gjør vi dette vil vi få omhyllingskurven som vist på figuren under.

Som vi ser så kan vi nå trekke kurven i alle retninger, gjør vi det kan vi lett få en figur som ikke er rotasjons-symmetrisk. En slik kurve kan være krevende å bruke når vi skal lage en kurv med en fast dreining for hvert lag.

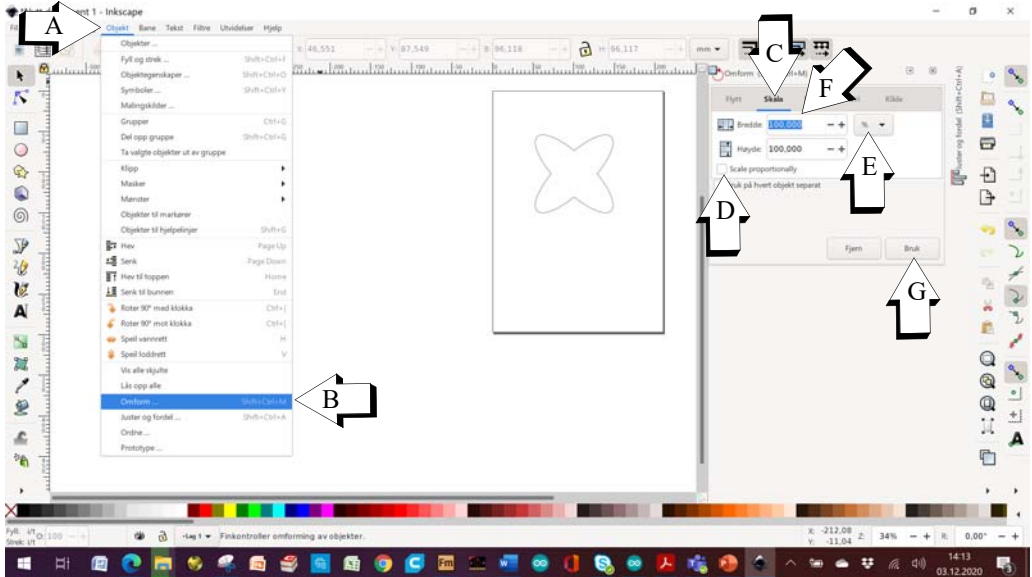
## 11. Kopiering og forminsking

Vi skal nå kopiere og forminske denne til vi får det antall kopier vi ønsker. Vi kopierer på vanlig måte med å merke omhyllingskurven og velger “ctrl” + “c” og “ctrl” + “v”. Dernest velger vi “Object” på meny-



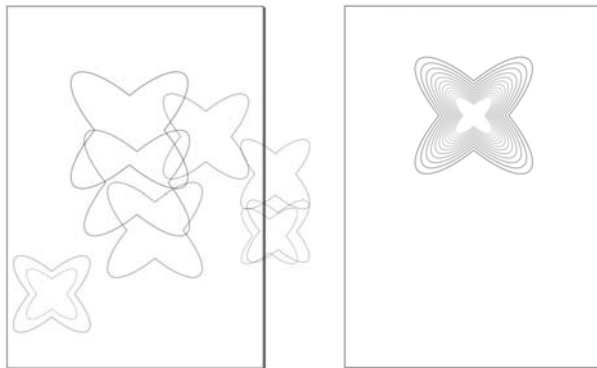


linjen (A) og “Omform” (B). Derneft velger vi “Skala” fra menylinjen i menyvinduet til høyre (C) og haker av for “Scale proportionally” (D) som gjør at skaleringen blir den samme horisontalt og vertikalt. Pass ogs a p a  a velg “%” i nedtrekksmenyen (E). Til sist settes skaleringfaktoren til 90% (F). Vi merker den kopien vi ønsker   forminske og trykker “Bruk” i menyen til høyre (G),



Vi har n a to omhyllingskurver, den ene med en størrelse 90% av den andre.

Vi gjentar prosessen ved   kopiere og skalere. Vi velger stadig   kopiere den sist kopierte og skalerte omhyllingskurven slik at vi stadig får mindre kopier. På denne måten avtar ikke størrelsen lineært. Vi legger ogs a merke til at kopiene blir spredt utover.

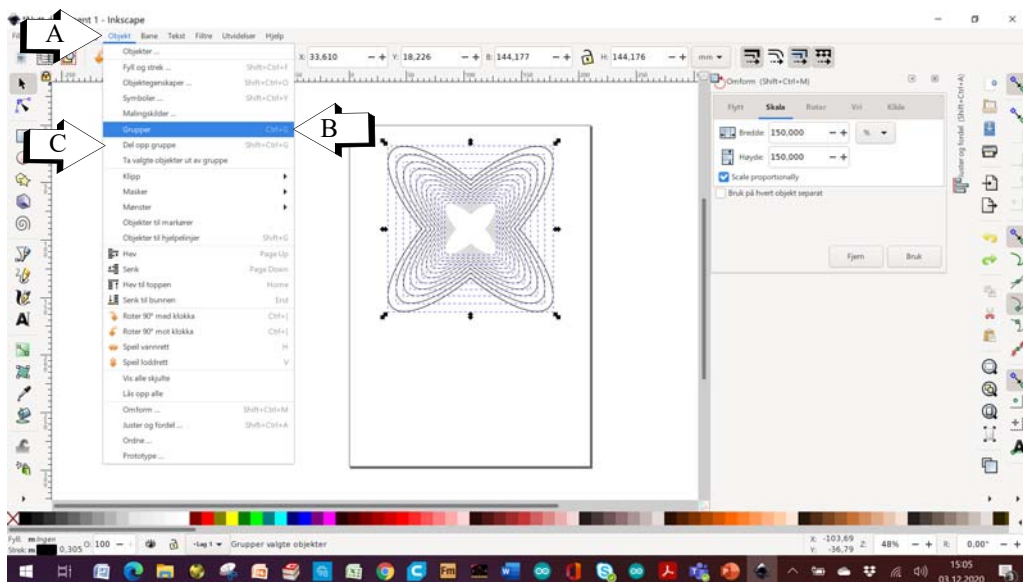


## 12. Samle om et felles midtpunkt

Vi ønsker nå å samle alle kopiene om et felles midtpunkt. Dette gjør vi ved å velge “Objekt” fra menylinja og deretter “Juster og fordel” for så å velge sentrering vertikalt og sentrering horisontalt som omtalt under punkt 9., side 26, og vi kan få et bilde som vist på figuren over til høyre.

## 13. Grupper og forstørr

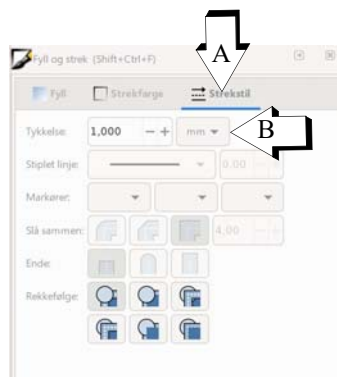
Dersom vi har mange objekter som til sammen danner det endelige objektet vi ønsker å bruke, så kan det være lurt å gruppere, dvs. samle disse til et objekt som henger sammen. Gruppering er en prosess vi kan kjøre begge veier. Ønsker vi å dele opp et gruppert objekt, så velger vi “Objekt” (A) og “Del opp gruppe” (C). Alternativt kan vi merke alle objektene som skal grupperes og så trykke “ctrl” + “g”. Vi finner den også under “Objekt” (A) og “Grupper” (B) som vist på figuren under.



## 14. Hairline

Når vi skal laserkutte en figur langs linjer så forlanger laserkutteren en viss maksimum linjebredde. Er linjen for bred vil laserkutteren nekte å skjære linjen, men heller gravere den. Vi kan justere linjebredden med å åpne menyen “Objekt” fra menylinjen og velge “Fyll og strek”, og får opp menyvinduet “Fyll og strek”. Fra menylinjen øverst velger vi “Strekstil” (A) og deretter velger vi “px” i nedtrekksmenyen og skriver inn 1,000 for “Tykkelse” (B) som vist på figuren til høyre.

Da er modellen ferdig og klar til å lagres.

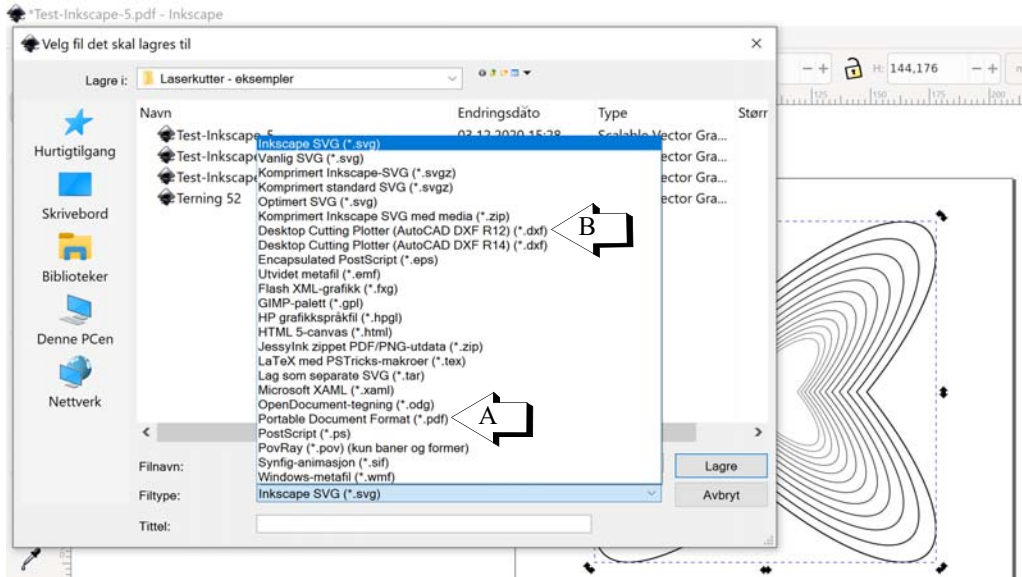




## 15. Lagring

Det kan også være lurt å lagre Inkscape-fila i svg-format dersom man har planer om å hente den opp for videre bearbeiding ved en senere anledning

**For laserkutting:** Vi bruker gjerne pdf-formatet på filene som vi overfører til laserkutteren. Bruker man “Lagre som ...” så kan man velge pdf som format (A).



**For vinylkutting:** Skal fila benyttes som grunnlag for vinylkutting, må den lagres som dxf-format (desktop cutting plotter (autoCad DXF R12)) for å kunne åpnes direkte i Silhouette Studio.

*Silhouette Studio* er et program som egner seg for å kommunisere med vinylkuttere av typen Cameo. Programmet er gratis og kan lastes ned fra: <https://www.silhouetteamerica.com/software> Programmet må kjøres på PC.

Det neste vi nå skal gjøre er å ta fila videre til vinyl- eller laserkutteren. Vi bruker laserkutteren på Vitensenteret som eksempel siden den er den mest aktuelle.

### 3 Framstilling av skåler som tverrfaglig undervisningsprosjekt

I dette kapittelet skal vi se på hvilke muligheter til kreativ skapende aktivitet som ligger i design av skåler. Vi ønsker også å ha fokus på hvordan tverrfaglige koblinger mellom matematikk og kunst og håndverk (K&H) kan bidra til å berike hverandre.



#### 3.1 Fra ideen til undervisningsopplegg

Nils Kr. forteller<sup>1</sup>: *Ideen til denne typen skåler fikk jeg i en av markedsbodene i Kashgar langt nord-vest i Kina ikke langt fra grensen til Afghanistan, da vi var på en rundreise i dette området i 2011. Dette er ett av de største og mest innholdsrike markedene jeg noen gang har besøkt. Der dukket denne kurven opp og jeg lot meg fascinere av utformingen og at jeg ganske raskt forsto hvordan den var designet. Det ble imidlertid ikke noe kjøp, men ideen har lagt lagret langt bak i hodet og dukket opp på flyet mellom Arlanda og Hong Kong sommeren 2016. Plutselig så jeg at skåla relativt lett kunne la seg realisere ved hjelp av laserkutteren. Jeg brukte dermed en drøy time til å tegne den ut mens jeg likevel satt lenket til flysetet i over 10 timer.*

*Senere har jeg funnet igjen samme type skåler i designforretninger på Manhattan, New York der prisen var en helt annen. Den eneste forskjellen var at de var laget av et finere materiale som var bedre bearbeidet.*



1. Nils Kr. Rossing ved Vitensenteret



I 2018 brakte Anne Birgitte<sup>2</sup> ideen videre og laget et undervisningsopplegg for elever på 5. trinn, der de både fikk anledning til å utforske matematiske former med tegneprogrammet CorelDRAW, realisert sine eksperimentelle former som laserkuttete skåler og fikk gleden av å bygge opp skålen gradvis fra “flatpakke” til fullverdig skål etter eget design. De vekslet dessuten mellom tradisjonell treskjæring og bruk av digitale verktøy, dermed fikk de med seg hele spennvidden i dette unike undervisningsopplegget som gikk under navnet “Nytt og gammelt”.



Vi skal komme tilbake til historier om hvordan elevene gjennom dette arbeidet fikk anledning til å oppdage matematikk på en ny måte.

### 3.2 Den kreative designprosessen

Det fine med disse skålene er de rike mulighetene til variasjon og eksperimentering:

- Man tar utgangspunkt i rene *geometriske former*, *ellipser*, *kvadrater*, *rektangler* og *mangekanter*. Når man plasserer de ulike formene i forhold til hverandre må man ta stilling til *vinkler* og *symmetri*.
- Man kan supplere med *linjestykker* for å binde sammen formene, og man kan oppdage *tangenter* eller lage *sluttede kurver* ved hjelp av fri tegning
- Dernest følger *kopiering* og *skalering* av *grunnformen*. Man blir nødt til å ta stilling til hva som er gunstige og ugunstige former. Hvilke *skaleringsfaktorer* som fungerer og hvilke som ikke fungerer.
- Når skålen er skåret ut, må man ta stillingen til hvordan ringene skal posisjoneres i forhold til hverandre, hvilken *vridingsvinkel* som gir det ønskede resultatet. Man må også velge type lim og hvilken teknikk man vil bruke for å påføre limet for at det skal bli penest mulig.
- Materialet er også viktig. Et tykkere materiale (f.eks. 6 mm) gir en høyere og mer romslig skål, enn om materialet er tynnere (f.eks. 3 mm). Man må også ta stilling til type materiale. MDF er billig, men ikke særlig robust. Finer gir finere struktur, men kan bli preget av at det blir brent av en laser. Bruk av akryl i ulike farger kan bli fint, men gir “plastaktig” utseende som kanskje ikke er så ettertraktet.

---

2. Anne Birgitte Belboe Skaperlærer ved Vitensenteret og lærer ved Byåsen skole

Figurene under fra venstre mot høyre viser tegningen, resultatet etter skjæring og den ferdig oppbygde skåla.



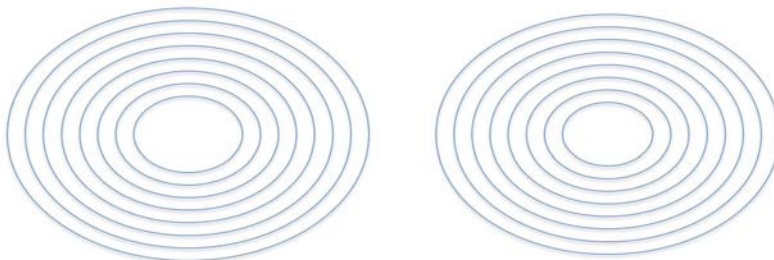
I dette tilfellet er hver av delene dreid  $15^\circ$  i forhold til den som ligger under. Delene limes der hvor de to overlapper. Det mest krevende er å sørge for at ringene legges korrekt slik at helningen til sidene i skåle blir den samme i alle retninger.

### 3.3 Typer skåler

Noe av det mest spennende er variasjonsbredden i disse skålene. For å gi et bilde av dette har vi forsøkt å kategorisere dem.

#### 3.3.1 Ingen vridning fra lag til lag

Det karakteristiske ved denne typen skåler er at lagene ikke vrir i forhold til hverandre. Dette forutsetter at det finnes to utgaver hvor lagene kan legges annen hver gang på hverandre.



Hver sirkel 100%, 90%, 80%, 70% ... 30% av den ytterste      Hver sirkel 95%, 85%, 75%, 65% ... 25% av den ytterste

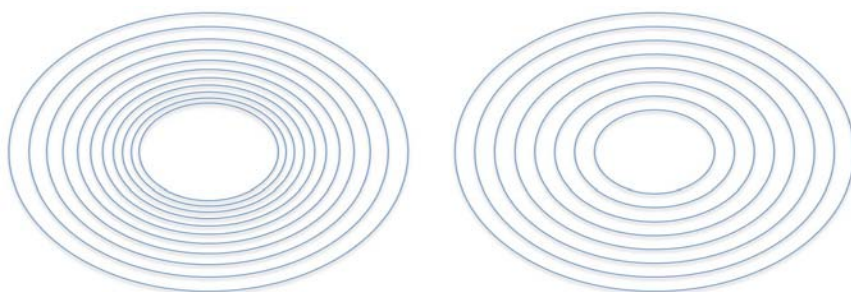
Mønsteret til venstre på figuren over består av ellipser forminsket lineært med 100%, 90%, 80% ... 30%, alle prosentene av den ytterste ellipsen. På samme måte er ellipsene til høyre forminsket 95%, 85%, 75% ... 25%, også de med utgangspunkt i den opprinnelige ellipsen. Dermed kan vi legge disse på hverandre, annen hver hentet fra høyre og venstre modell, og de vil ligge pent på hverandre uten vridning som vist i figuren til høyre.



Bildet under viser den ferdige skåla.



En variant av denne skåla kan lages ved hele tiden å forminske den samme prosentandel i forhold til “ringen” utenfor. På denne måten vil vi få en skål hvor ytterkantene buer svakt.



Hver sirkel 90% av den forrige

Hver sirkel 100%, 90%, 80%, 70% ... av den ytterste

På figuren over ser vi tydelig forskjellen mellom de to måtene å bruke skalering på.

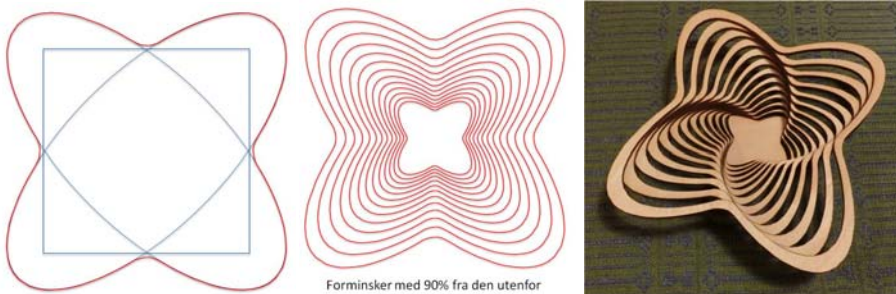
En kan også velge andre former som kan forminskes på enten den ene eller den andre måten. Figuren under viser en hjerteform som kan settes sammen til en skål. Her er det brukt lineær skalering.



Foto: Anne Birgitte Belboe

### 3.3.2 Vridning fra lag til lag

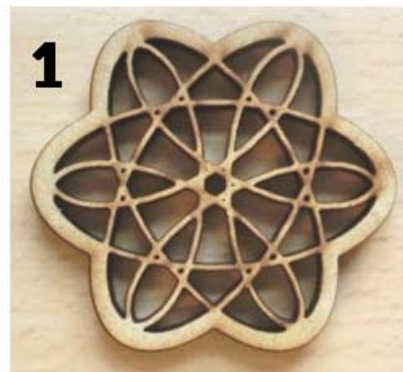
Fordelen med denne typen skål er at det holder med å bruke en utskåret form siden det er vridningen som gjør at de tiltross for at de passer inn i hverandre kan stables. Vi har tidligere vist hvordan vi lager mønsteret til kurva under.



Her er det mulighet til å eksperimentere med ulike grader av vridning. Det er også mulig å vri annen hver gang mot henholdsvis mot høyre og mot venstre. Under har vist resultatet av tre ulike måter å stable ringene på hverandre.

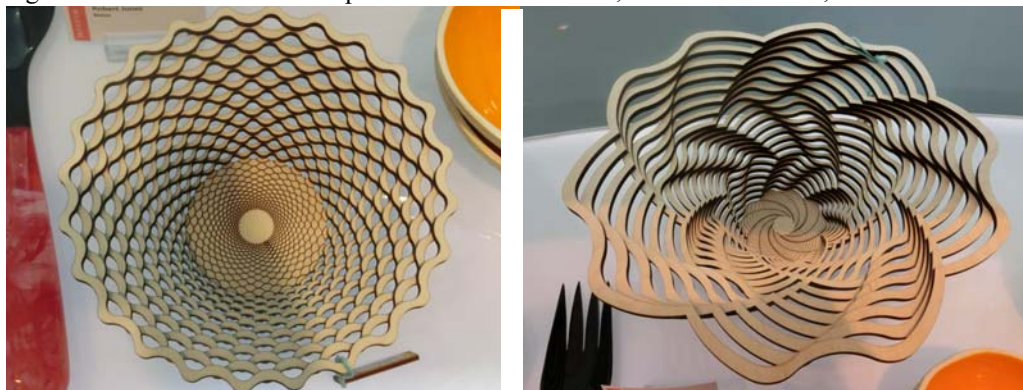


Vi kan tenke oss denne laget av tre ellipser som er dreid  $60^\circ$  i forhold til hverandre. Alle de tre har samme grunnform, men er stablet på litt forskjellig måte. I bunnen er det skåret ut en rosett. Ringene til venstre er dreid  $30^\circ$  i forhold til hverandre. Ringene for skåla i midten er dreid et mindre antall grader, men slik at kløfta der to ellipser møtes blir liggende på en krum linje. Ringene til skåle til høyre er vekselvis dreid mot høyre og mot venstre. Ingen av disse skålene er limt ennå, de er bare stablet for å studere resultatet, så kan bestemme seg i ettertid for hva man vil gå for og så ev. lime.



Med litt ekstra ferdigheter kan også lage et flott ornamant i bunnen av skåla.

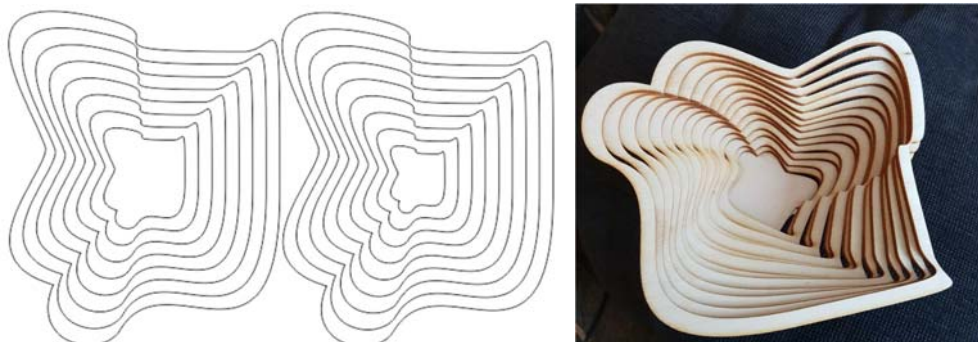
Figuren under viser noen eksempler hentet fra Manhattan, New York<sup>3</sup> i 1000,- kr. klassen.



### 3.3.3 Frihåndstegnede kurver

Det er ingen ting i veien for å starte med en frihåndstegnet sluttet kurve. Det er imidlertid ikke alle former som fungerer like godt for å lage skåler. Linjer som ved skalering og sentrering kommer for nært hverandre er uheldig. Slike kan medføre for tynne ringe eller til og med brudd i ringen. I slike tilfeller må man enten øke skaleringsfaktoren eller legge om linjen.

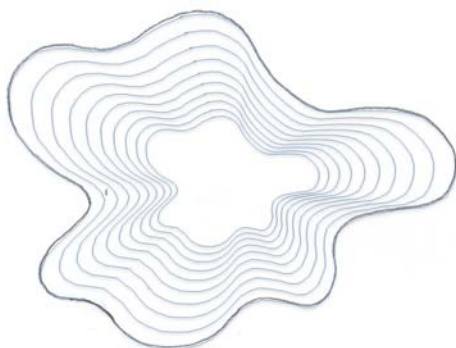
Bildet under viser en noe friere form som er realisert i to utgaver med litt forskjellig skaleringsfaktor slik at ringene kan stables uten vridning dersom man henter dem fra hver sin tegning.<sup>4</sup>



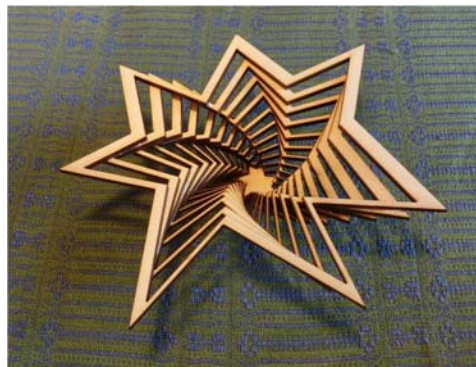
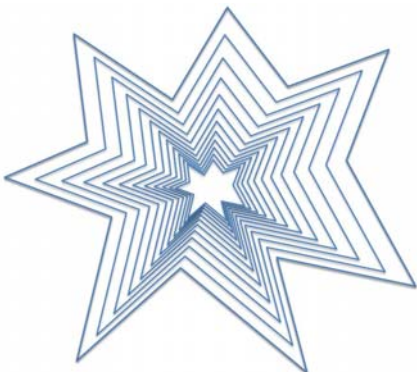
3. Museum of Art and Design (MAD), Columbus Circle, Manhattan (Foto: Nils Kr. Rossing)

4. Designet og fotografert av Anne Birgitte Belboe

Vriden med frie former kan være mer krevende. I slike tilfeller kan man velge å lime sammen lagene i den ene enden. Bilde under viser et eksempel på dette<sup>5</sup>. Bildet viser et eksempel på hvordan frie former lett kan gi utfordringer mht. tynne passasjer.



Frie former med rette kanter er gjerne lettere å tegne, men gir de samme utfordringene mht. Dessuten blir gjerne designet ikke så vakkert.



### 3.3.4 Montering

Vi har tidligere diskutert ulike måter å vri ringene i forhold til hverandre, her skal vi ganske kort vise hvordan ringene kan monteres sammen til en ferdig skål.

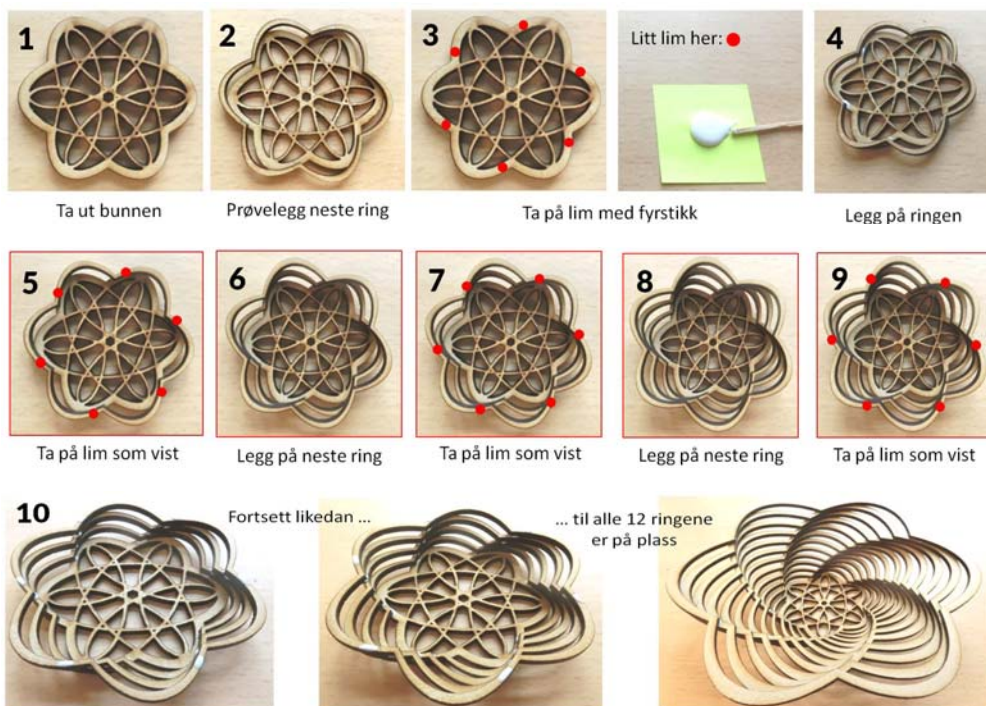
Start med å legge skåla uten bruk av lim. Prøv ulike måter å legge ringene på hverandre. Når du er fornøyd med resultatet, ta gjerne et bilde.



5. Designet av Nils Kr. Rossing, Vitensenteret



Merk deg nøye hvordan ringene ligger på hverandre. Ta av alle ringene og legg en og en ring på hverandre. Merk deg hvor en ring berører den under. Bruk en fyrstikk eller tannpirker til å legge lim der hvor ringene overlapper hverandre. Vi har brukt vanlig trelim. Påse at overflødig lim tørkes bort, eller aller helst, vær litt sparsom med limet slik at det ikke flyter utover. Det kan være lurt å ha litt lim på en Post-it lapp og dyppe tannstikkeren i. Et eksempel på oppbyggingen er vist på bildene under.



### 3.4 Et lite matematikkprosjekt for 5. – 6. trinn<sup>6</sup>

Kombinasjonen av matematikk og kunst og håndverk er spennende. Hva skjer dersom man gir elever i barneskolen et digitale verktøy til å designe skåler ut fra egne kreative ideer og innfall, men med beskjed om at dette er en *matematikktime*, dvs. de skal bruke sine matematikkunnskaper?

Eksempelene under er hentet fra utprøvingen av verkstedsaktiviteten “Nytt og gammelt” ved Vitensenteret i Trondheim i 2019. I alt deltok tre grupper a 13 – 14 elever fra både 5. og 6. trinn. Alle ble intervjuet. Elevene hadde på forhånd blitt bedt om å velge to geometriske figurer som de hadde litt kunnskap om og kunne tenke seg å ta utgangspunkt i. Ellers er de helt vanlige elever fra en barneskole i Trondheim som har fått 10 minutters opplæring i bruk av tegneprogrammet CorelDRAW da de ankom Vitensenteret. Av disse har vi valgt å omtale 7 elever hvor 6 av dem arbeidet

6. Utviklet og gjennomført av Anne Birgitte Belboe. Omtalen bygger på et intervju gjort av Anne Birgitte 15. des. 2020.

to og to. I tillegg valgte en å arbeide alene.

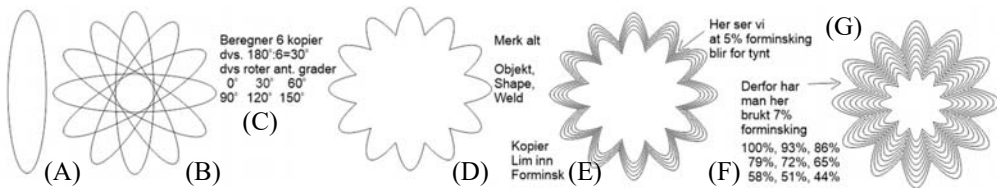
Innledningsvis lærte de hvordan de kunne lage ellipser og andre former, kopiere og dreie figurer en gitt vinkel, speile om vertikale og horisontale linjer, samt skalering i prosent og hvordan de skulle få fram omhyllingskurven. De hadde dessuten tilgang til seks hjelpeark for å finne fram i menyene. Derne har de fått hjelp til å skrive ut designet på Vitensenterets laserkutter. Elevene arbeidet to og to.

Før å kunne dokumentere det elevene gjorde og ikke minst hvordan de resonerte, ble de bedt om å presentere produktet sitt og fortelle hvordan de hadde tenkt når de designet det. I tillegg ble de intervjuet i etterkant.

La oss se på noen eksempler. Figurene som er vist er elevenes egne som er hentet ut av arbeidet deres, men sammensetningen og presentasjonen av mønstrene er gjort av instruktøren ved verkstedet i etterkant, dels på bakgrunn av egne observasjoner, elevenes presentasjoner og intervjuer med elevene i etterkant, og ikke minst hun fikk tilgang til programmet de arbeidet med<sup>7</sup>. Før elevene startet ble de bedt om å være oppmerksomme på ting de oppdaget under veis og som de syntes var interessant eller rart.

### To gutter

Dette elevparet tok utgangspunkt i en ellipse som vist til høyre på figuren under (A). Det var ganske nærliggende siden instruktøren hadde vist dem hvordan de kunne tegne ellipser. Derne ønsket de å kopiere og rotere for å få fram en symmetrisk figur. De måtte bestemme seg for rotasjonsvinkelen og hvor mange kopier de trengte for å komme akkurat helt rundt. Dette løste de ved prøve seg fram.



De kom etter hvert fram til at de trengte 6 ellipser som var dreid  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $120^\circ$  og  $150^\circ$ , da fikk de en fin symmetrisk figur (B). “Men det er jo en tallrekke” bemerket en av dem (C).

De fant så omhyllingskurven til ellipsene (D) ved hjelp av et av hjelpearkene som viste rett meny.

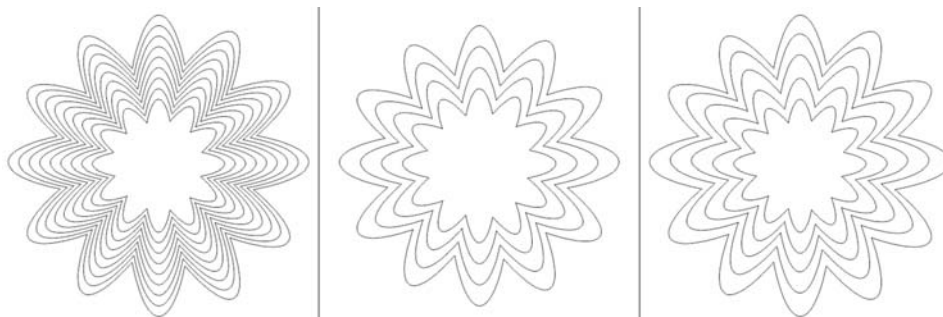
Så handlet det om å kopiere, forminske og sentrere. I utgangspunktet hadde de fått høre at en ring ikke måtte være smalere enn 1,5 mm, da kunne den lette gå i stykker. Elevene er kjent med at sirkler har et sentrum, men i løpet av arbeidet oppdaget de at også ellipser har et sentrum, som programmet brukte for å sentrere dem om et felles midtpunkt (B).

7. Ved å be dem om ikke å lukke tegneprogrammet og ikke slå av maskinene var det i ettertid mulig, ved hjelp av angre-knappen, å gå tilbake å prosessen de hadde vært gjennom. I tillegg ga dette mulighet til å hente ut halvfabrikata av tegningene.

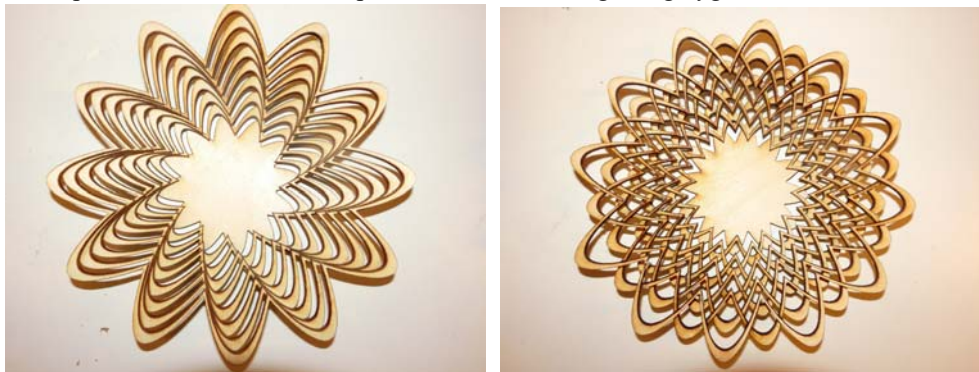


De valgte å foreta en forminsking som en prosentandel av den ytterste ringen. Prosentverdien måtte de selv bestemme. Først prøvde de med 95% (5% reduksjon), men innså fort at denne ga for smale ringer. Dernest prøvde de med 90% (10% reduksjon), men så at det ble litt for mye, de ville ha plass til flest mulig ringer. Etter hvert kom de fram til at 7% var det beste (G). For å komme fram til dette hadde de laget seg et linjestykke på 1,5 mm som de flyttet rundt i tegningen for å sjekke marginene. De oppdaget at de kritiske punktene var nær spissene som pekte inn mot sentrum av figuren. Dermed fikk de en ny tallrekke: 100%, 93%, 86%, 79%, 72%, 65%, 58%, 51%, 44%...(F).

Figuren under viser to varianter av gruppens endelige skål-mønster. Til venstre ser vi et mønster som er ment å skulle dreies en liten vinkel fra ring til ring. Til høyre ser vi to mønster som til sammen kan danne en skål hvor vridning av ringene er unødvendig dersom ringene vekselvis tas fra høyre og venstre mønster.



Skålene på bildet under viser en kopi<sup>8</sup> av det elevene designet og bygde.

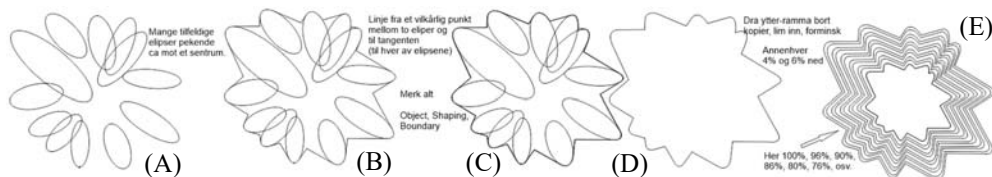


---

8. Kopien er bygget av instruktøren Anne Birgitte Belboe. Foto: Nils Kr. Rossing

## En gutt som valgte å jobbe alene

Siden antallet denne dagen var 7 så måtte en av elevene jobbe alene. Læreren mente at denne eleven var relativt svak i matematikk, men anbefalte likevel at han kunne arbeide alene.



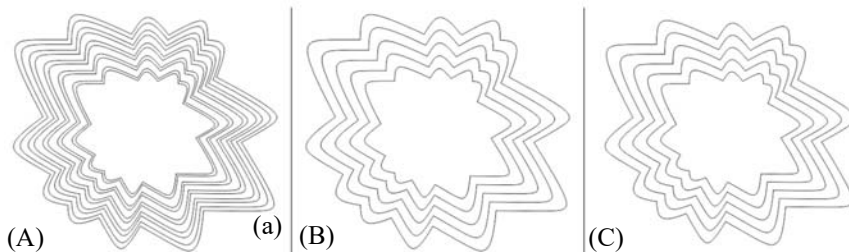
Også denne eleven tok utgangspunkt i ellipser, men varierte både størrelse og rotasjonsvinkel ganske tilfeldig. Det som derimot ikke var tilfeldig var hvordan han orienterte dem alle inn mot et omtrentlig sentrum (A). Vi ser at noen overlapper, andre ikke. Så merket han alle for å finne en felles omhyllingskurve, men oppdaget raskt at han fikk mange biter som ikke hang sammen. Instruktøren foreslår at han skal forsøke å tette igjen åpningene mellom ellipsene med rette linjer og viser ham hvordan det kan gjøres.

Han går igang med å tegne linjer som berører ellipsene i punkter (B). CorelDRAW er slik laget at når en rett linje nærmer seg et objekt så vil det spørre om linjen skal legges inntil som en *tangent*. Denne eleven fikk også det spørsmålet og “takket” ja til tilbudet fra programmet uten å vite hva *tangent* betydde. Han valgte å la programmet legge linjene som tangenter inntil ellipsene fordi “det ble fint”.

Matematikk læreren ble da også ganske overrasket da eleven kunne fortelle: “*Æ brukt bare tangenten æ*”.

Nå var det lett å finne omhyllingskurvene til samlingen av ellipser og linjestykker (D), og mønsteret var klart til å kopieres, forminskes og sentreres.

Han valgte imidlertid ikke å lage en lineært avtagende reduksjon mellom ringene, og han ønsket å



legge inn en variasjon slik at rekken av forminskninger ble følgende tallrekke: 100%, 96%, 90%, 86%, 80%, 76% ... Dermed fikk han ringe som syntes å opptre i par (A), som han syntes ble “*et tøft mønster*”. Figurene (B) og (C) viser mønster som ev. kan brukes til å montere den som en lukket struktur som egner seg bedre som skål.



Han fikk imidlertid en utfordring da kan skulle sette sammen skåla (A) da den ujevne formen var vanskelig å rotere fra ring til ring. Dessuten var noen av ringene stedvis svært smale. Etter flere forsøk fant han ut at han kunne lime ringene sammen i ett av hjørnene (a), som dermed ble det eneste punktet som holdt ringene sammen. Resultatet egnet seg dårlig som skål, men langt bedre som vegglampe som slapp lys ut gjennom åpningene mellom ringene. Som vegglampe ble “skåla” plassert med åpningen inn mot veggen, og limpunktet ned.



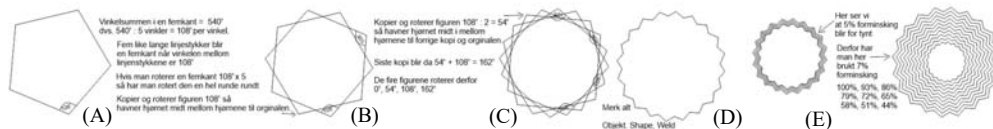
Kopien laget av Anne Birgitte Belboe

Foto: Nils Kr. Rossing

Eleven fikk med seg en lysdiode, ledninger og en batteriholder og gjorde ferdig lampen hjemme. Læreren hans kan fortelle at lampen fortsatt henger på rommet hans.

### To gutter med forskjellig kunnskaper om matematikk

I dette tilfellet ble den ene matematikkflinke gutten sittende en del alene å fordype seg i en problemstilling. I mens tok den andre seg en tur for å studerte hva de andre lagene holdt på med. Fordelen var at den flinke eleven fikk brynt seg, samtidig som det var uheldig at den andre forlot oppgaven for en periode da han ikke skjønnte hva den første holdt på med.



Femkanten kan lages ved at man henter fram en likesidet trekant fra menyen for så å be programmet øke antallet kanter til det ønskede antallet. Ved å be om femkanter lager programmet en regulær femkant.

Disse guttene hadde på forhånd bestemt seg til å ta utgangspunkt i femkanten (A). De brukte mye tid til å finne ut av figuren.

Problemstillingen var hvor mye han skulle rotere den neste femkant slik at de passet i forhold til hverandre. Han bestemte seg for å rotere den andre femkanten slik at spissene akkurat traff midt på langsiden til den første. Han skjønnte at for å få til det måtte han først bestemme størrelsen til den stumpe vinkelen i hjørnene på femkanten. Som en første antakelse tenkte han at vinkelen måtte bli  $360^\circ/5$ , men fant fort ut det ble galt.

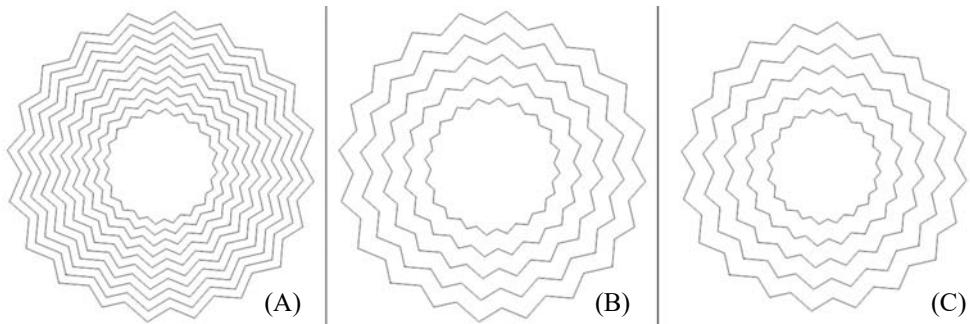
For å lede ham på rett vei spør instruktøren hva vinkelen i en likesidet trekant er, og han svarer raskt at den er  $60^\circ$ , og at vinkelsummen i en trekant er  $180^\circ$ . Læreren spør så om han vet hva vinkelsummen i en firkant er. Deretter forlater hun eleven som blir sittende å gruble over problemet. Det går imidlertid ikke mange minutter før han kommer gledestrålende tilbake og forkynner: “Æ

*e blitt oppfinner, no vet æ hvordan æ kan finn vinkelsummen når det blir fler kanta*". Deretter følger en forklaring om at det blir  $180^\circ$  mer for hver ny side som blir lagt til. Det ble imidlertid litt krevende for de andre som var med på samlingen når han skulle formidle sin oppdagelse i plenum.

Selv om han brukte mer tid enn de andre så kom han fram til at vinkelsummen for femkanten ble  $540^\circ$  og delt på 5 så ble vinkelen i hvert hjørne  $108^\circ$ . En bragd av en elev på 5. trinn utført på 20 minutter. Og han hadde all grunn til å være strålende fornøyd. Han oppdaget så at han måtte dreie kopien  $36^\circ$  for å treffe med spissen midt på sidekanten til den første femkanten (B).

Men han nøyde seg ikke med det, han bestemte seg for å legge fire femkanter på hverandre som utgangspunkt for mønsteret sitt. Nå hadde han knekt koden og var tydelig på at han måtte rotere hver femkant en "kvar" som han uttrykte det. Dvs.  $1/4$  av vinkelen mellom to av hjørnene som blir  $72^\circ/4 = 18^\circ$ . De tre ekstra femkantene ble derfor dreid "en kvar", "halvveis" og "trekvar" slik han uttrykte seg.

Han forteller også hvordan han først gikk fram for å bestemme vinkelen, ved at han prøvde med ulike vinkler. I ett forsøk roterte han femkanten litt for lite og i det neste litt for mye ut fra øyemål. Selv om partneren var mer en godt nok fornøyd med en tilnærmet riktig vinkel, var konklusjonen hans: "Dette må æ regn mæ fram te". Underveis i prosessen oppdaget han også et verktøy i CorelDRAW som gjør det mulig å måle vinkler. Dette brukte han flittig, og vi ser av figurene at vinkelmålet henger igjen i modellen et stykke utover i prosessen.



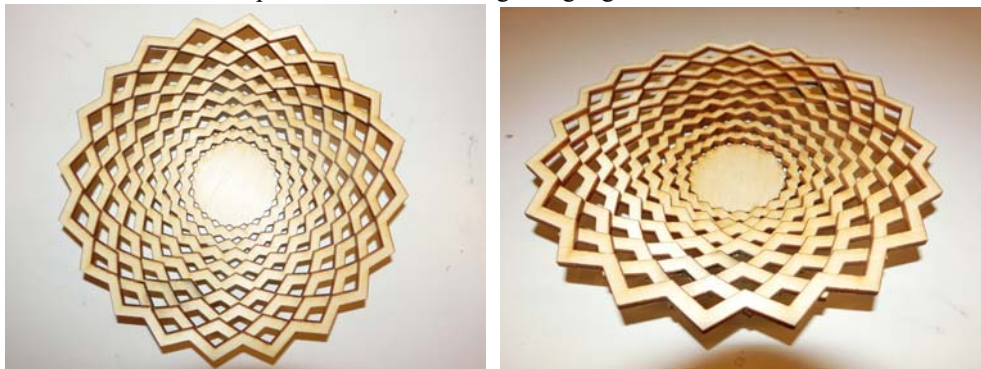
Deretter var det bare å bruke verktøyet i CorelDRAW for å finne omhyllingskurven, og arbeidet med å kopiere, forminske og sentrere kunne begynne.

Han forsøker med en forminskning på 5%, men oppdager som de andre at dette er litt lite. I mellomtiden har hans makker vært rundt å "spionert" og kommet tilbake med beskjed om at 7% er den optimale prosentsatsen, og fra nå av kommer også han på banen og utførte de resterende trinnene fram til ferdig skål-mønster (E).

Figuren til venstre har en forminskingsfaktor på 7%. De to til høyre er den samme, men oppdelt i to mønster med annen hver ring slik at det skal være mulig å stable uten å rotere. "Spionen" hadde oppdaget denne muligheten ved å se på utstilte eksempelskåler. Som et unntak får denne gruppen lov til å lage to skåler, en som krever rotasjon og en for overlapp. I den forbindelse var det også naturlig å diskutere forskjeller i materialbruk, overlappende ringer krever dobbelt så mye materiale.



Bildene under viser en kopi<sup>9</sup> av det elevene designet og laget.



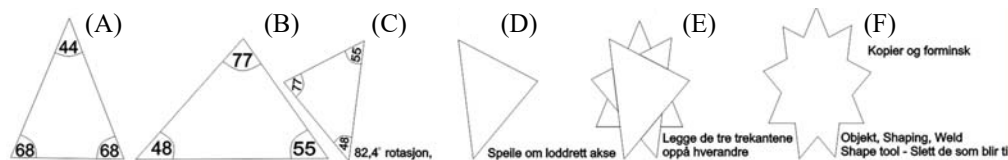
## To jenter

Disse to jentene hadde bestemt seg for å lage en stjerne, og siden CorelDRAW har et eget verktøy for tegning av stjerner, var det fristene å gjøre det enkelt. Siden dette skulle være en matematikk-tid og ikke en tegnetime, ble de av instruktøren utfordret til å konstruere den selv, bruke matematikkunnskapene sine, som f.eks. bruk av former, rotasjon og speling: “Ikke skynd dere, bruk tid. Lek dere med matematikk, prøv nye ting og utforsk”, sa hun.

De visste også at dersom de satte sammen trekanter så kunne det bli stjerner av det. Så de startet med to likesidete trekanter og la dem oppå hverandre, slik at de fikk en stjerne med 6 tagger.

Men så var det slik at den ene jenta ville ha én tagg i toppen og to som pekte nedover. For å få til det startet de med en litt tilfeldig likebeinet trekant med en horisontal nedre kant (grunnlinje<sup>10</sup>) (A). De sjekket også at det virkelig var en likebeinet trekant ved å måle vinklene ved grunnlinja og slik bekrefte at de var like store.

Det neste spørsmålet de måtte ta stilling til var hvor mange tagger stjerne skulle ha. De bestemte seg for at to av taggene skulle peke nedover slik at de stakk ned under grunnlinja til den likebeinte trekanten. Dermed besluttet de like godt at det skulle stikke ut to tagger på hver av sidene i den likebeinte trekanten, dermed ble det totalt 9 tagger på stjerna. De konkluderte derfor helt riktig med at dette krevde bruk av totalt tre trekanter.



Så tegnet de en tilfeldig trekant som de syntes så fin ut (B) og tok de vinklene de fikk,  $48^\circ$ ,  $55^\circ$  og  $77^\circ$ . Denne trekanten dreide de i en passende vinkel (“... som vart  $82,4^\circ$ ”) slik at den “spisseste spissen kom ned” (C) og la den prøvende oppå den likebeinte trekanten slik at det “så pent ut”.

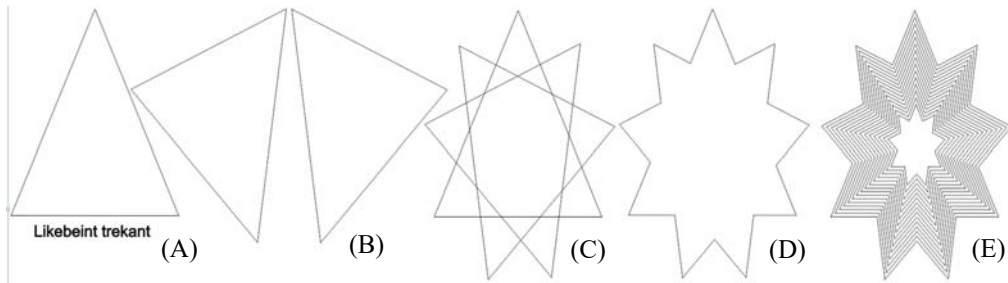
9. Kopien er bygget av instruktøren Anne Birgitte Belboe. Foto: Nils Kr. Rossing

10. Elevene brukte enda ikke begrepet “grunnlinje”, men vi velger å bruke det her for å lette beskrivelsen

Så speilet de denne trekanten om en vertikal akse (D) og la alle tre trekantene oppå hverandre (E). Når de sentrerte de tre så var de enige om at dette så fint ut. Til slutt fant de omhyllingskurven (F).

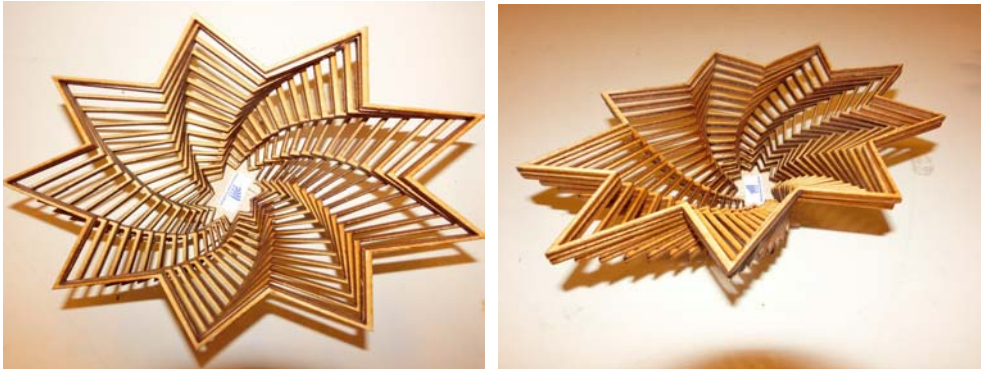
Det fine med CorelDRAW er at man kan tegne alle figurene utenfor det definerte tegnearket slik at en har god plass. Når man er fornøyd flytter man de figurene man ønsker å bruke i den endelige tegningen inn på tegnearket. Og det var nettopp det disse to jentene benyttet seg av. Når de flyttet trekantene inn på tegnearket og sentrerte dem vertikalt og horisontalt, falt alt på plass, og de var strålende fornøyd. Hvilket følgende søte kommentar understreker: “*De va bra vi valgt 48, 55 og 78 grader*”.

Det mest overraskende var at de faktisk bestemte seg for å velge tre trekantar og ikke bare to som på mange måter ville ha vært naturlig. Det som synes å ha rokket ved et slik valg var den ene jentas forestilling om at stjerneformen skulle ha to spisser ned og en opp. Kommentarer synes å antyde at hun ønsket at den skulle være noe annet enn en tradisjonell Julestjerne.



Det endelige skål-mønsteret er vist til høyre på figuren over. Som vi ser er linjene særdeles tette, hvilket også ga dem en del utfordringer til slutt. I alt ble det laget fem utskrifter av skåla, slik at de tilsammen fikk nok uskadede ringer. Årsaken var at noen av ringene knakk når de skulle tas fra hverandre.

Bildene under viser en kopi<sup>11</sup> av det elevene designet og laget.



11. Kopien er bygget av instruktøren Anne Birgitte Belboe. Foto: Nils Kr. Rossing

## Sluttkommentarer

Tverrfagligheten er oppleggets styrke. Instruktøren understreker imidlertid hvor viktig det er at elevene vet hvilket fag de jobber med slik at de er istand til å fokusere på kompetansemålene i det aktuelle faget, som her er matematikk. Ved å fokusere på matematikken blir elevene oppmerksomme på styrken ved å kombinere matematikk og praktisk håndverk. Vi må ikke bare blande fag, men *hjelp elevene til aktivt å se verdien av å jobbe tverrfaglig.*

På spørsmål om disse elevene var et unntak, svarer instruktøren at lignende tankearbeid er ganske vanlig, men det er vanskelig å få tid til å observere og snakke med alle elevene, spesielt dersom de trenger mye hjelp til å mestere tegneprogrammet. Det var imidlertid ganske vanlig å ta utgangspunkt i ellipser, gjerne seks som vist i starten av dette avsnittet. En årsak til dette var at ellipser ble brukt som eksempel under opplæringen av tegneprogrammet, og som viser hvor lett det er å påvirke elevenes valg. Skal en få innsikt i hvordan de tenker, er det viktig å skape et miljø hvor elevene sier høyt det de tenker, det er på den måten en kan få innsyn i tankeprosessene.

Flere av elevene stusser over at kopierte mønster i CorelDRAW legger seg eksakt på originalen. Mange lurer derfor på hvor det blir av kopien. Alle jobber med “default” linjebredde på 0,2. For å kunne laserkutte modellen er det vanlig å gjøre alle linjer om til “hairline”, dvs. minimum bredde. På grunn av at kopiene legger seg på toppen av originalen er det ikke uvanlig at det oppstår doble linjer. Dette kan være uheldig i skjæreplassen. Derfor blir elevene bedt om å gå over linjene og sjekke om de har doble linjer. Dette gjør de ved å merke dem og trykke “slett”. Om det blir et hull etter linja vet de at det bare er en. Dette er også en fin måte å lære dem å bruke angre-funksjonen, en funksjon de færreste kjente fra før. Dette er det siste de gjør før endelig lagring og produksjon.



Foto: Anne Birgitte Belboe

*Å se skåle bli skåret ut er en viktig del av opplevelsen*

Vi legger også merke til at samtlige har benyttet lineær skalering fra ring til ring. Bakgrunnen for det er kanskje et ønske om å lage en tallrekke som de er kjent med fra skolen. Eller rett og slett fordi andre muligheter ikke blir presentert.

For å få mer “armslag” anbefaler instruktøren at de skulle tegne på utsida av tegnearket for så å flytte tegningene de ønsket å bruke, inn på arket til slutt.

Instruktøren flyttet de to partnerne langt fra hverandre, slik at de to ikke skulle se på hverandre når de gikk inn i siste del av designprosessen, men designet sine egne versjoner av skålene. Det kommer tydelig fram i eksempelet vist til høyre, som ikke er omtalt i detalj foran. Disse jentene tok utgangspunkt i en trekant og to sirkler og på den måten designet de et hjerte. Bildet til høyre viser kopier<sup>12</sup> av det elevene designet og laget.



Foto: Nils Kr. Rossing

En viktig side ved prosjektet er at elevene er med gjennom hele prosessen fra ide til produkt. De ser at de designer med bruk av matematikk og digitale verktøy blir en uvanlig vakker gjenstand som de kan stolt kan vise fram til foreldre og venner. Undervisningsopplegget har derfor en rekke gode kvaliteter:

- Det er relativt lav terskel for å ta i bruk tegneverktøyet, de kommer fort igang.
- Bruk av matematiske begreper og metoder er en helt naturlig del av arbeidsprosessen så lenge de blir oppmuntret til å ta dem i bruk. Dette gjør at de på en naturlig måte ser at matematikken hjelper dem å formgi produktet sitt.
- De har stor grad av frihet i valg av utforming av produktet samtidig som de oppdager at det finnes regler for hva som gir et godt og funksjonelt design.
- Det er stor sannsynlighet for at resultatet blir meget vakkert selv med et relativt tilfeldig utgangspunkt.
- De får med seg et produkt som de er stolte av. Samtidig som selve monteringen også gir mulighet til eksperimentering og utvikling av motoriske ferdigheter.
- Det er lett å mangfoldiggjøre produktet.
- Selv om CorelDRAW koster en del så finnes det alternativer som gir rike muligheter (f.eks. Inkscape). Dessuten er materialkostnadene er billige.
- Elevene kan gjøre hele tegneprosessen i eget klasserom for så å komme til Vitensenteret for kutting av skåla. Ulempen er at laserkuttere foreløpig er lite utbredt i skolen.



Foto: Anne Birgitte Belboe

12. Kopien er bygget av instruktøren Anne Birgitte Belboe. Foto: Nils Kr. Rossing



Disse skålene blir ofte svært vakre, nesten samme hvordan utgangspunktet er. Det hender imidlertid at både barn og voksne gjør feil, "Fantastiske feil". Dette er feil som gir mye læring, opphav til nye muligheter og fører en videre i designprosessen. Slike "feil" liker vi ved Vitensentrene.

Vi håper flere vil prøve seg på dette opplegget i matematikkundervisningen, gjerne i samarbeid med kunst og håndverk lærerne.

## 4 Skjæring av skålen på laserkutter

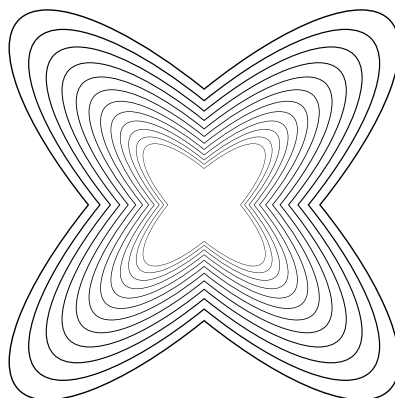
I dette kapitlet skal vi trinn for trinn vise hvordan vi går fram for å skjære ut skålen vi har tegnet på laserkutteren ved Vitensenteret. Vi forutsetter at skjærefila forefinnes i pdf-format.

### 1. Hent opp skjærefila


Det enkleste er å overføre skålmønsteret på en minnepinne over til administrasjons PC'en som er koblet opp mot laserkutteren. Ev. kan fila legges på en felles server.

Figuren til høyre viser en litt dårlig gjengivelse av kurvmønsteret vi har laget.

Tegningen skal nå være i format 1:1. Vanligvis vil det ikke være mulig å redigere denne pdf-fila med mindre du har spesiell programvare. I FlexiDesign kan du imidlertid dekomponere tegningen og legge på tekst. Dermed kan du også flytte rundt på de ulike delene.



### 2. Åpne i FlexiDesigner

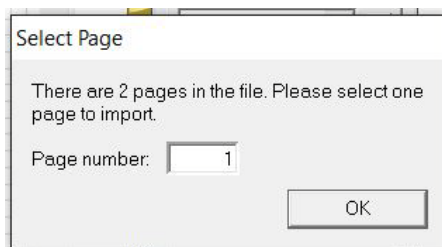
Gå til administrator-PC'en, logg på og åpne FlexiDesigner ved å velge ikonet . Du vil da få opp arbeidsflata. Sjekk at den er på størrelse med laserkutteren (ca. 1016 x 711 mm)

### 3. Importer pdf-fila

Velg "Import"-kommandoen (Under File i menylinja) og velg ønsket fil for import.

Dersom fila består av flere sider, blir du bedt om å angi hvilken side som skal brukes.

En stiplet firkant viser omrisset av tegningen. Plasser tegningen øverst i venstre hjørne av arbeidsflata.



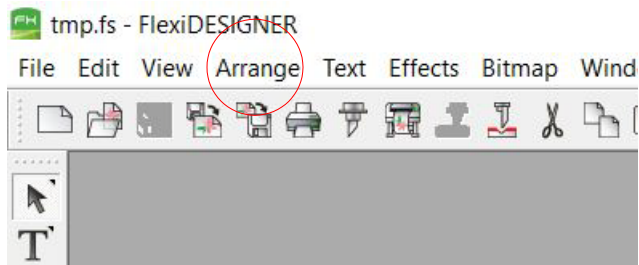
### 4. Løs opp grupper (Ungroup) i tegningen

- Merk hele tegningen ved å ramme den inn  
Tegningen skal nå være merket med rødt

- Gå til menylinja øverst og velg *Arrange*, og velg deretter *Group*, for så å velge *Ungroup*

Nå er alle delene av tegningen delt opp slik at det er mulig å arrangere tegningen så den passer best mulig til arbeidsstykket den

skal skjæres ut i. Det er også mulig bare å skrive ut deler av tegningen om det er ønskelig. Dette er kanskje ikke så viktig for kurvdesignet vårt siden den må behandles som en skjærefjobb.

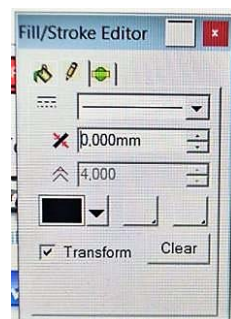


### 5. Sett bredden av alle linjer til 0.00 mm

Laserkutteren vil automatisk skjære alle linjer som er under en gitt linjebredde. For å være sikker på at det skjer, merker vi hele tegningen og velger heltrukken linje med linjebredde 0,00 mm i innboksen til høyre for arbeidsfeltet - "Fill/Stroke Editor" (se bildet til høyre).

- Velg "blyanten" i menyen
- Velg heltrukken linje
- Sett linjebredde til 0,00 mm

Dette gir et design med "hairline" (hårlinjer – linjer med "hårs" bredde), dvs. minimal tykkelse på linjene som skal skjæres.

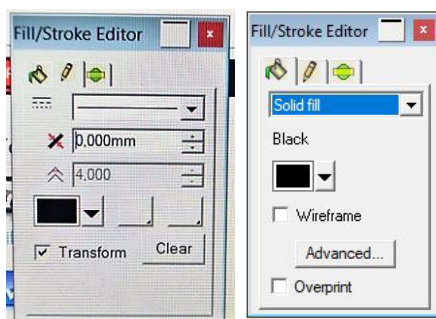


### 6. Legg inn tekst

Det kan være ønskelig å gravere en tekst f.eks. i midten av kurva. Gjør slik:

- Velg "T" fra menyen til venstre kant
- Flytt markøren til et ledig sted på arbeidsflata og skriv inn ønsket tekst
- Dersom teksten blir hvit, marker teksten ved å ramme den inn og bruk *Fill/Stroke Editor*. Velg fanen med "bøtte" og sett fargen til sort. Gå så til "blyant" og velg *Clear*, nederst til høyre. Dette vil fjerne alle streker som ev. omkranser alle bokstaver slik at en ikke risikerer at de skjæres ut istedet for å graves..

Vær klar over at gravering kan ta lang tid, gjerne mye lengre tid enn skjæring.

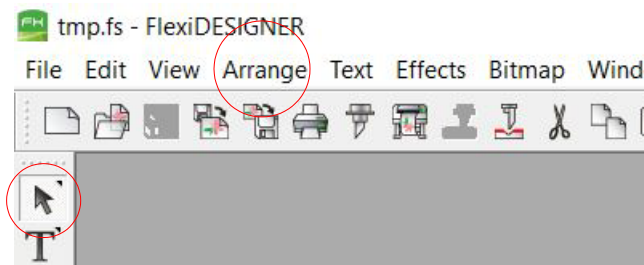


Linje ("blyant")

Flate ("bøtte")



- Om ønskelig kan teksten roteres. Teksten roteres ved å gå inn i *Arrange* og velg *Rotate*

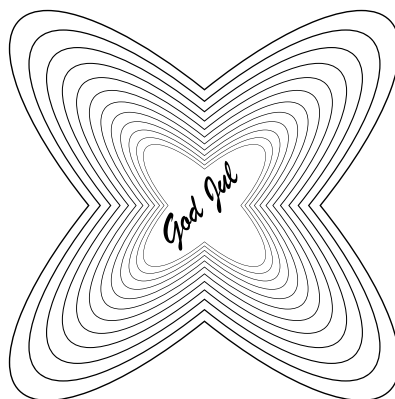


- Skriv inn antall grader i innboksen til høyre. + 90° dreier mot venstre og – 90° dreier mot høyre.
- Velg pila øverst i menyen til venstre og flytt teksten ditt du ønsker den på kurva.

### 7. Plassering av tegningen for utskrift

Det er praktisk å plassere det som skal skrives ut øverst til venstre i arbeidsflata.

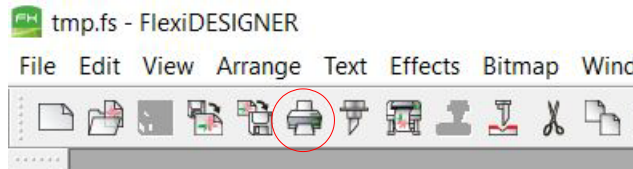
- Merk det som skal skrives ut og flytt det øverst til venstre i arbeidsflata. Ev. merk av alt.



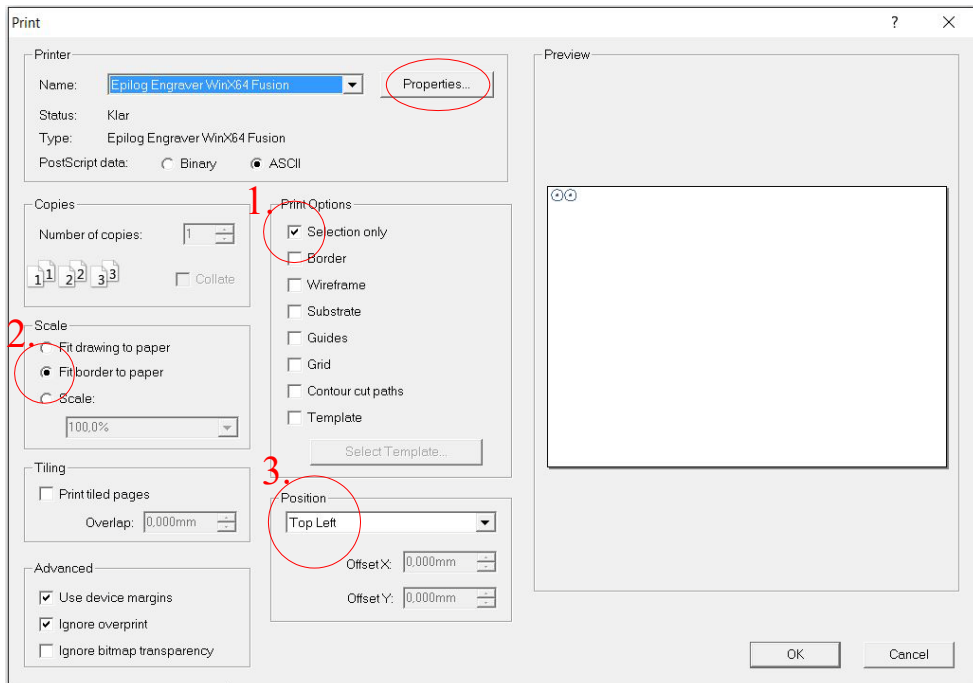
## 8. Sett opp laserkutteren

Vi skal nå forberede for utskrift (skjæring og gravering). I dette eksempelet velger vi 3,3 mm MDF

- Start utskrift ved å velge utskriftsymbolet på menylinja over arbeidsflata.



Du vil da få opp utskriftsmenyen.

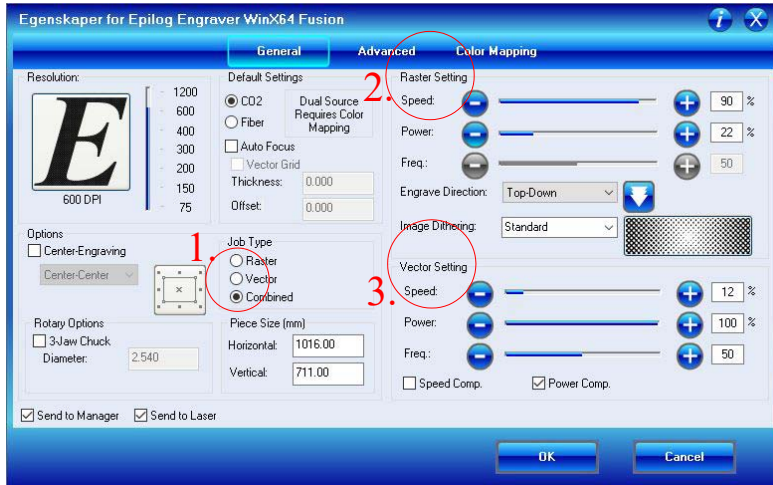


- Pass på at følgende er sjekket ut:
  1. Print Option: *Selection only* (Velger å skrive ut bare det som er merket)
  2. Scale: *Fit border to paper* (Ev. Scale 100%)
  3. Position: *Top Left*



## 9. Sett opp Laser-spesifikasjoner

Vi skal nå bestemme effekt og hastighet til laseren. Velg *Properties* i utskriftmenyen. Du vil da se følgende meny:



For skjæring og gravering av 3,3 mm MDF velg følgende parametere:

1. *Job type*: Velg Combined (skjærer og graverer i en operasjon)
  2. *Raster Setting*: (Gravering): *Speed* = 90 %, *Power* = 25 %, *Freq.* = 50 %
  3. *Vector Setting*: (Skjæring): *Speed* = 15 %, *Power* = 100 %, *Freq.* = 50 %
- Trykk OK

## 10. Send filen til Laserkutteren

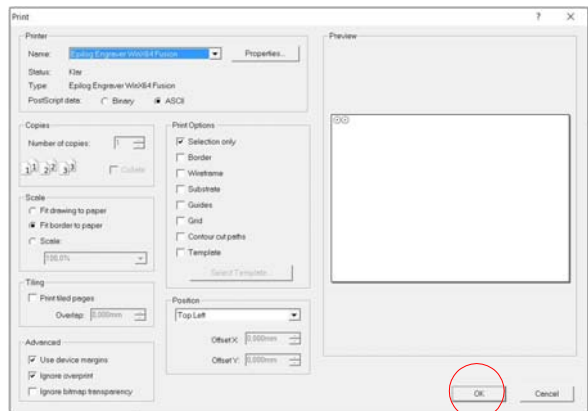
Jobben sendes til Laserkutteren ved å trykke OK i printermenyen

Dersom Laserkutteren er påslått vil displayet vise et jobbnummer og navnet på jobben, sammen med en estimert tid for skjære/graveringssjobben.

## 11. Oppsett av Laserkutter

Det er to brytere som må slås på:

- Slå på laserkutteren med bryteren nede foran til høyre på maskina (svart)<sup>13</sup>.
- Slå ev. på hovedbryter på avtrekkskabinettet den er bak til venstre og lyser grønt når den er påslått. Denne slås normalt ikke av. Avtrekk *startes med rød lysende knapp* på framsida *idet laseren starter å skjære eller gravere*.



13. Hovedbryteren på laserkutteren er sjelden avslått, den er nede til høyre bak.

- Ventilasjonen i rommet startes med bryteren på veggen til høyre innenfor skyvedøra. Normalt vil den stå i *Auto*.
- Bruk hørselvern, det er viktigere enn du skulle tro.

## 12. Plassering av plata.

Et godt alternativ er å:

- **Plasser plata.** Legg øverste venstre hjørnet på plata i øverste venstre hjørne på bordet
- **Slå på markeringslaseren**, rødt punkt. Knappen er vist på figuren til høyre. En diode lyser grønt når den er påslått. Den viser bare stedet der laseren starter og skjære.
- **Bruk pilene** på kontrollpanelet for å flytte den grønne markøren til: “JOG” for å forskyve startpunktet til ønsket posisjon på plata. Gjerne 1 cm fra kanten av bordet i bakkant og 1 cm fra kanten til venstre.
- **Trykk ned** joy-stikken når ønsket posisjon er oppnådd, og posisjonen blir låst som nytt referansepunkt, dvs. som øverste venstre hjørne i skrivefila.



## 13. Fokusering

Fokuseringen gjøres for at laserstrålen skal være i fokus i overflata av plata.

- **Ta metalltriangelet** som ligger i fordypningen til venstre på laserkutteren, og heng det på de to knagene på skrivehodet som vist på figuren til høyre.
- **Flytt den grønne markøren** til “FOCUS” med piltastene og bruk joy-stikken til å justere opp eller ned slik at triangelet akkurat tangerer plata.
- **Bekreft at fokusering** er utført ved å trykke joy-stikken rett inn.
- Fjern kalibreringstriangelet



## 14. Skjæring og gravering

Laserkutteren er nå klar til å skjære og gravere. Normalt vil den starte med å gravere og avslutte med å skjære:

- Lukk det store lokket, laseren vil ikke slås på før lokket er lukket (se tips I under)
- Trykk *GO* for å starte jobben
- Trykk *STOP* for å stoppe jobben  
Jobben kan startes på nytt igjen ved å trykke *GO*





- Trykk *RESET* om du vil at jobben skal starte helt på nytt. Du må da starte den på nytt ved å trykke *GO*

**TIPS I:** Dersom du trykker *GO* uten å lukke lokket, så vil den gjennomføre hele jobben med avslått laser. Dette er nyttig for å se om resultatet ser riktig ut før skjæring, ev. for å sjekke at den holder seg innenfor ønsket areal. Jobben kan avbrytes og startes på nytt så snart man får bekreftet at ting ser riktig ut.

**TIPS II:** Ved oppstart hender det at det tar noen sekunder før laseren slår seg på. I så fall kan det være noen cm som ikke er skåret. Dette kan være problematisk siden man ikke får løsnet delen fra plata. Det er derfor lurt å følge med i starten for å se om det skjer. I så tilfelle kan man etter at skjæringen er ferdig, starte jobben på nytt å stoppe den etter at den manglende biten er skåret.

- **NB! Slå på avtrekkskabinettet**

Det er et eget kabinett til høyre for laserkutteren. En knapp lyser rødt, denne trykkes idet skjæringen starter og avtrekksvifta starter. Dersom dette ikke gjøres vil laserkutteren fylles med røyk som etter hvert vil sive ut i rommet.



- Ikke forlat en laserkutter som skjærer, det er viktig å se om alt går som forventet og at materialet ikke tar fyr. **VIKTIG:** Ved ev. brann: slå av laserkutteren med nødbrøyteren nede til høyre åpne lokket og slukk brannen med brannteppet som ligger oppe på avtrekksenheten.

## 15. Ta ut arbeidsstykket og plukk ut delene

Vær forsiktig når små deler skal plukkes ut, de kan lett falle ned mellom sprinklene i rista som holder arbeidsstykket. Det kan være lurt å kjøre skjærehodet tilbake og så løfte bort plata. Da skal de utskårne delene ligge igjen på rista.

## 5 Tilrettelegging og skjæring av mønster på vinylkutter

I dette kapittelet skal vi trinn for trinn vise hvordan vi går fram for å skjære mønsteret vi tegnet med Inkscape på vinylkutteren. Vi forutsetter at skjærefila finnes i dxf-format.

Programmet Silhouette Studio lastes ned og installeres fra [www.silhouetteamerica.com/software](http://www.silhouetteamerica.com/software).

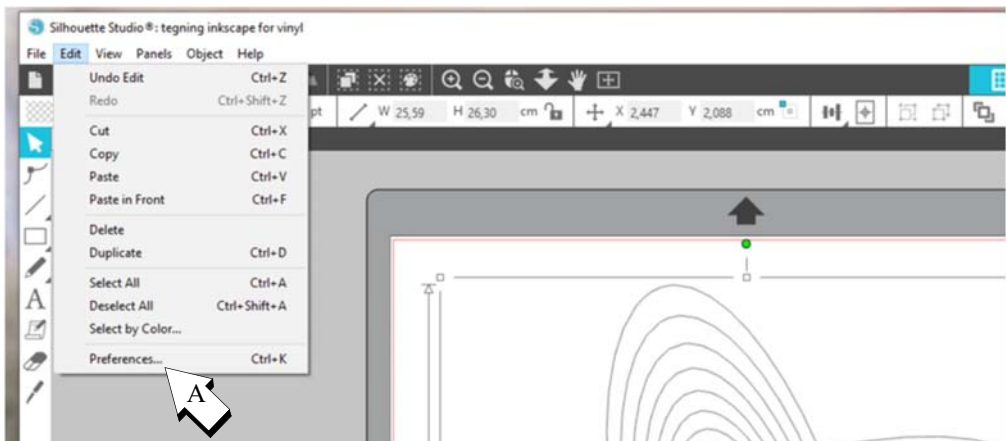
Før du kobler til Silhouette Cameo4 er det viktig å forsikre seg om at versjon 4.3.254 eller nyere versjon av Silhouette Studio er installert i datamaskinen. Versjonsnummeret kan man sjekke ved å klikke *Help* → *About Silhouette Studio* i programmet.

Første gang man bruker vinylkutteren Cameo4, *må* den kobles til en datamaskin via USB, *ikke* bluetooth. Dette er for å oppdatere maskinens firmware. Det skjer automatisk via Silhouette Studio og kan ta opptil 15 minutter. Når oppdateringen er fullført, vises det i programmet med en grønn tekst som sier: CLEAR.

Har dere spørsmål angående maskin, oppsett, kutteinstillinger eller annet, meld deg gjerne inn i Facebook-gruppa som heter Kreativshop.no. Det finnes også kutteinnstillinger til svært mange varianter av vinyl på [www.kreativshop.no/pages/kutt](http://www.kreativshop.no/pages/kutt).

### 5.1 Forberedende arbeider i Silhoutte Studio

Fordi Silhouette Studio<sup>14</sup> er et amerikansk produkt vil det når vi åpner det først gang være lurt å gå inn i på *Edit* og velg *Preferences* (A).



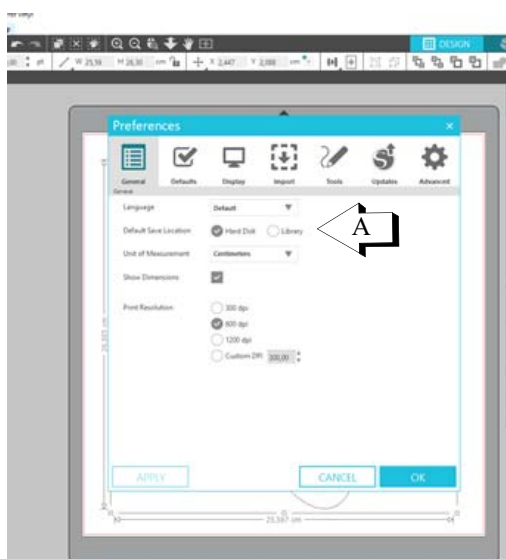
14. Programmet er gratis og kan lastes ned fra: <https://www.silhouetteamerica.com/software> Programmet må installeres på PC.



Man får da opp et vindu hvor man kan endre på innstillinger. For oss er det enklest å jobbe med *cm* og ikke *inches*, dessuten kan vi endre språk om vi ønsker det (norsk finnes ikke, men dansk og svenske finnes). Vi har valgt å benytte *Default* språk som er engelsk.

Vi kan også velge om vi vil lagre til *Hard disk* eller til *Library*. For de av dere som jobber i skole er det lurt å velge *Hard disk* (A).

Velg ønskede innstillinger og trykk *Apply*.



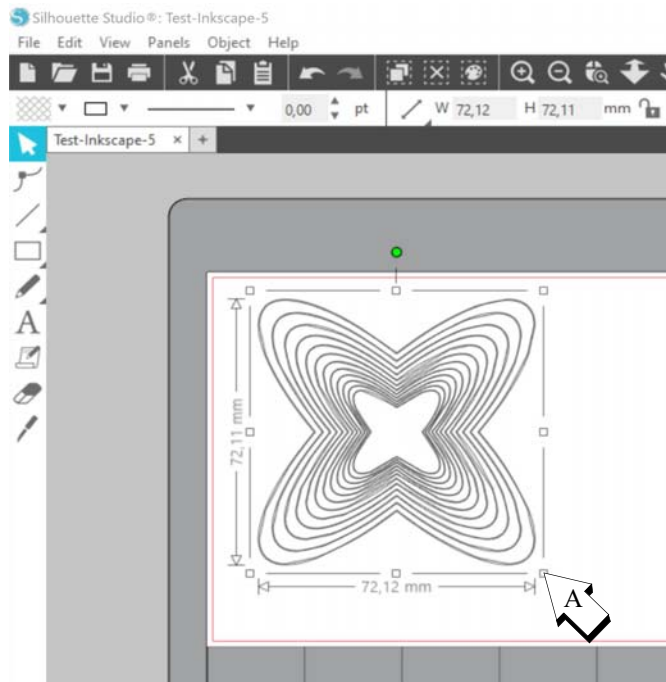
## 1. Verktøy i Silhouette Studio

Programmet Silhouette Studio kommer med en rekke nyttige verktøy som vi her ikke vil komme inn på, men som man kan studere på egen hånd etter behov.

2. **Hent opp skjærefilen:** Det enkleste er å åpne filen som ligger lagret på PC-en eller på en minnepinne, dette kan gjøres ved å åpne fil (A) eller ved å trykke på ikonet med mappesymbol (B). Åpner man filen i dxf format er den klar til å kuttes.



Den lagrede filen i dxf format vil legge seg på arbeidsflata klar til skjæring uten at vi trenger å gjøre mer med filen. Dersom vi synes den er for stor, kan vi endre størrelsen ved å ta tak i ett av de firkantede "håndtakene" (A under) og endre på størrelsen slik at den får den ønskede størrelsen. Legg merke til at når figuren merkes så angis målene i millimeter.

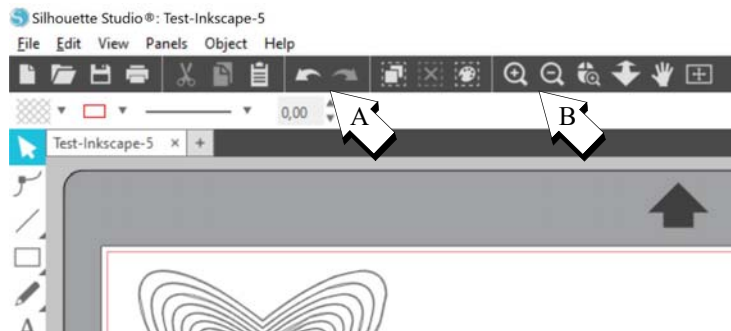


3. **Plassering av mønsteret:** Når man er fornøyd med størrelsen er det lurt å plassere designet så langt opp i venstre hjørne som mulig, men innenfor den røde streken langs kanten, dette for å være så økonomisk som mulig med vinylen. Det er da klart for å velge vinyl og det er lurt å velge et stykke som er litt større enn designet vårt. Ønsket farge og type vinyl plasseres på kuttematten. Påse at vinylen er festet med riktig side opp slik at kuttet blir riktig. Oppsiden er gjerne ensfarget, mens undersiden er påtrykt et mønster med tekst.

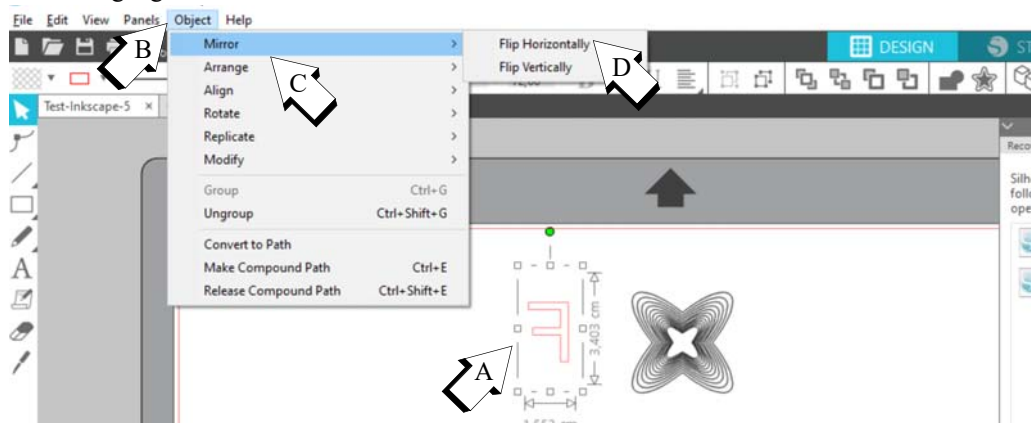


## Andre nyttige «knapper» i programmet

Det finnes noe kjekke funksjoner i programmet som gjør arbeidet lettere.



4. **Angre:** Pilene merket med A er veldig praktiske å bruke når man jobber med designet. Den lar deg angre siste handling, noe de fleste bruker hyppig?
5. **Forstørre:** Forstørrelsesglassene, merket med B lar deg zoome inn og ut av designet ditt og er en særdeles nyttig funksjon. Dette gjelder spesielt om man laster ned design fra nettet og vil tilpasse dem etter eget ønske ved for eksempel å fjerne deler av mønsteret. Funksjonen som gjør det mulig å fjerne deler av et mønster, er ikke tatt med her.
6. **Speile:** Dersom vi skal overføre tekst eller symboler til en overflate, så kan vi ha behov for å speilvende motivet. Dette kan enten gjøres før vi sender det til vinylkutteren eller akkurat idet vi sender fila over. Vi anbefaler å gjøre det før vi overfører til vinylkutteren, da vi på den måten har full kontroll med hvor symbolet plasseres på vinylen. Figuren under viser framgangsmåten.



- Merk symbolet som skal speilvendes (A).
- Velg *Object* fra menylinjen (B).
- Velg *Mirror* fra nedtrekksmenyen (C).

- Velg om speilingen skal *Flip Horizontally* som speiler om en vertikal akse eller *Flip Vertically* som speiler om en horisontal akse. (D).
- Vi har valgt *Flip Horizontally* siden vi har med tekst å gjøre. Figuren over viser resultatet av speilingen (A).

Symmetriske figurer som den ved siden av trenger selvfølgelig ingen speiling.

Vi er da klare til å skjær ut designet vår og starter med å finne fram og slå på vinylkutteren.

## 5.2 Betjening av vinylkutter

1. **Koble opp og start vinylkutteren:** Vinylkutteren CAMEO4 tas ut av emballasjen og tilsluttes 230V via adapteren som kobles til strømmettet. Deretter slås maskinen på med strømbryteren på høyre side.



2. Vinylkutteren kobles til PC med en USB kabel (se bildet under).





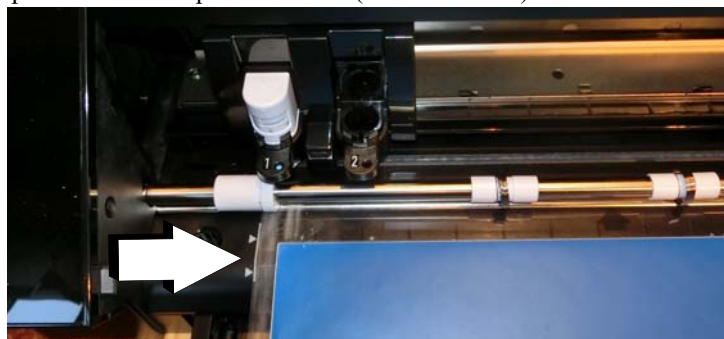
3. **Legg vinylen på skjære matta:** Dernest klippes ut et passelig stykke vinyl som legges øverst i venstre hjørne på skjærematten med den svarte pilen på matte pekende inn mot vinylkutteren.



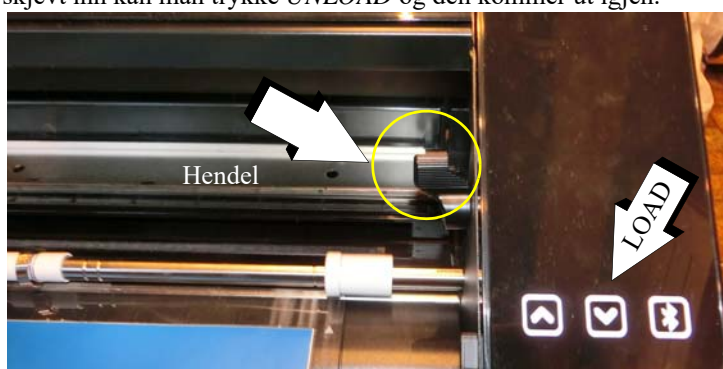
Foto: Eva H. Hagen

Det er viktig at vinylen legges på skjærematten med riktig side opp slik at kuttet blir slik vi ønsker det. Vinylen på bildet er vanlig heat transfer vinyl (HTV) og er lagt med den matte siden opp og den blanke siden ned mot skjærematten. Det er også viktig at vinylen festes godt til den litt klebrige skjærematten. For å få best mulig resultat må man unngå luftbobler mellom skjærematten og vinylen. Luftbobler eller rusk kan medføre at kniven gjør hopp slik at kuttet blir feil.

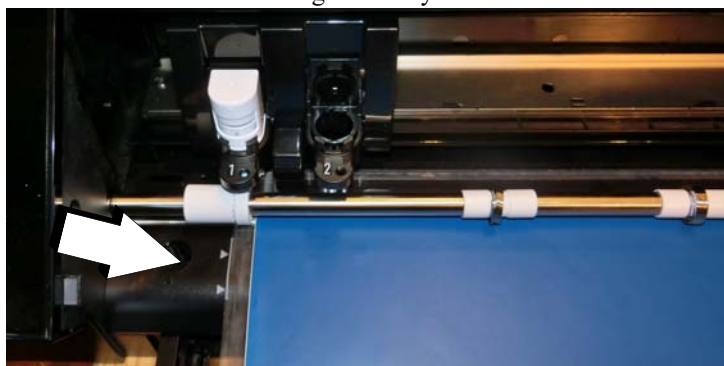
4. **Plasser vinylen i kutteren:** Skjærematten settes inn i vinylkutteren ved å legge den kant i kant med pilene til venstre på matebrettet (se bildet under)



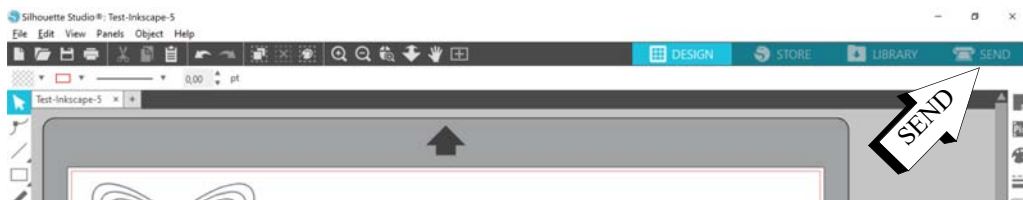
- Man trykker så på *LOAD* og matten mates inn i vinylkutteren ved hjelp av hjulene. For at vinylen skal sitte godt fast og ikke bevege seg når maskinen kutter, er viktig at *hendelen* som holder hjulene på plass, står i posisjonen vist på bildet. Dersom skjærematta med vinylen kommer skjevt inn kan man trykke *UNLOAD* og den kommer ut igjen.



Slik ser det ut når matten er matet riktig inn i vinylkutteren som nå er klar for kutting.



- Tilbake i Silhouette Studio velger man fanen *SEND*, øverst lengst til høyre, og får opp menyen for materialvalg.





## 7. Valg av vinyl kan være en utfordring.

Figuren under viser noen typer som har vært brukt ved Vitensenteret i Trondheim.



## Vinyl



- Ulike typer vinyl til ulike bruk
  - Vegg-vinyl
  - Utendørs vinyl
  - HTV (Heat Transfer Vinyl)
    - Matt, glinsende, reflekterende, metallisk, holografisk og flock

I pakken fra kreativshop.no følger også med ulike typer vinyl i tillegg til de to som ble bestilt:

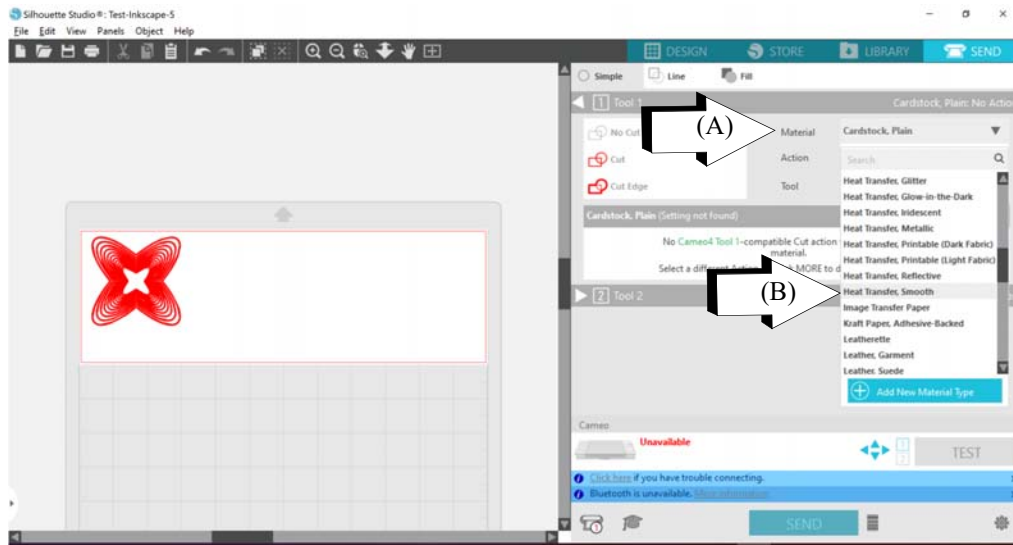
- 10 stk. Vinyl HTV Flock 30 x 30 cm (bestilt)
- 20 stk. Vinyl HTV glatt 30 x 30 cm (bestilt)
- Div. Siser Easyweed: Grållilla – gull
- Div. Siser Glitter: Flamingo pink – brown
- Div. Stahls/Siser holografisk: Sparkel sølv – multistripet
- Div. Oracal 631 veggvinyl: Lavendel 043 – Key lime pie
- Div. Oracal 651 skiltvinyl: Brilliant blå 086 – 010 Hvit

Tabellen under gir noen innstillinger:

Merke	Kniv (Blade)	Fart (Speed)	Kraft (Force)
Siser Easyweed	2	5	10
Siser Glitter HTV	5	5	17
Stahls/Siser holografisk	5	5	18
Oracal selvklebende	2	5	7
HTV Flock			
HTV glatt			

Flere kutte innstillinger kan en finne her: [www.kreativshop.no/pages/kutt](http://www.kreativshop.no/pages/kutt)

8. **Velg materiale i Silhouette Studio:** I send-menyen under *Material* (A) velger man riktig type vinyl. I vårt tilfelle er dette *Heat Transfere Smooth* (B).

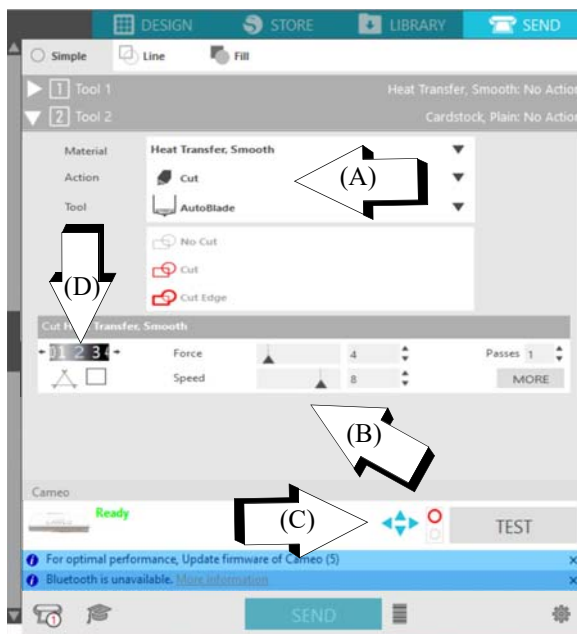


Riktig kutteinnstillinger vil da komme opp. Det er likevel alltid lurt å starte med å kjøre en test slik at man får det resultatet man ønsker. Man kan også se på «arbeidsbordet» at designet har fått røde linjer, dette indikerer hvor maskinen vil kutte.

9. **Kjør test:** Når man har valgt materiale og hvilken type kutt man ønsker (A), vil optimale innstillinger for vinyl-kutteren komme opp i vinduet under (B).

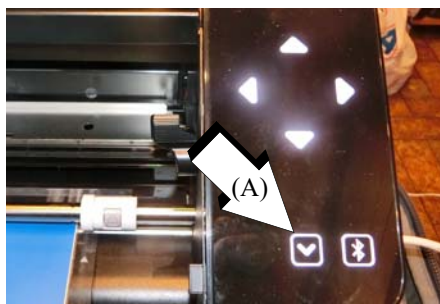
Man trykker så på TEST (C) og kjører en test for å se at innstillingene er riktige.

Innstilling av skjære dybde (D). Skal være riktig dersom man har valgt riktig materiale.





10. **Sjekk resultatet:** Etter å ha kjørt en test trykker man på UNLOAD (A) og skjærematten vil skyves ut av vinylkutteren slik at man kan sjekke at innstillingene er tilfredsstillende. Man skal kunne løse vinylen samtidig som man påser at det ikke er kuttet igjennom plastbelegget.



Etter testen er det ønskelig at man skal kunne fjerne vinyl-trekanten/kvadratet som skjæres ut, uten at det er skåret igjennom plasten bak. Dersom man ikke får løsnet vinylen må man skjære dypere. Har man skåret gjennom plasten må man skjære grunnere. Skjæredybden stilles i menyen som er vist til høyre på figuren på forrige figur (D).

Normalt skal dette bli riktig dersom man har valgt riktig materiale. Det er imidlertid ikke uvanlig at en kan justere force og speed med hell. Det er imidlertid viktig å sjekke resultatet ved å kjøre en ny test.

11. **Klargjøring for endelig kutt etter test:** Når man kjørt testen vil man få en liten skade i vinylen øverst i venstre hjørne. For å unngå at dette ødelegger det endelige resultatet må man sørge for å flyttet motivet bort fra det venstre hjørne, eller snu arbeidsstykket 180° slik at testkuttet havner nederst på arbeidsstykket.
12. **Utfør endelig vinylkutt:** Dersom innstillingene er riktige, er det bare å sette skjærematten tilbake i vinylkutteren og skjære ut ønsket design. Når kuttet er ferdig trykker man igjen på UNLOAD. Vinylen fjernes fra kuttematten og en finner fram *lukeverktøyet* (weeding tools) for å fjerne overflødig vinyl.
13. **Fjerning av overflødig vinyl:** Ved hjelp av lukeverktøyet, luker man bort de delene av vinylen som ikke skal være med på trykket.



Lukeverktøy



Vinyl som er luket bort



Ønsket mønster

Foto: Eva H. Hagen

### 5.3 Bruk av varmpresse – Vinyl på tøy

Det neste vi da må gjøre er å overføre mønsteret til den gjenstanden eller det tøyet vi ønsker å dekorere:

14. **Overføring av mønsteret:** Når overflødig vinyl er fjernet er vi klare til å stryke/klistre designet på ønsket overflate. Husk at det kan være gøy å ta vare på noe av det overflødige og være kreativ med det også? Siden vi jobber med *heat transfer vinyl* (HTV) vil vi bruke en varmpresse. Den som er benyttet her og vist på bildene, er ikke den dere finner i utstyrspakken. For de fleste typer HTV holder det med 150° på pressen. Det er viktig å bruke bakepapir mellom pressen og trykket slik at ikke plasten på baksiden av vinylen ødelegger varmpressen.

I eksempelet som vises her ønsker vi å legge vinyltrykket over på en tøypose.



Foto: Eva H. Hagen

Inne i tøyposen har jeg lagt en *strykepute* som reflekterer varmen fra pressen og beskytter bordet den ligger på. Varmepressen holdes over designet i 10-20 sekunder før den fjernes og en undersøker om vinylen har festet seg. For noen typer HTV er det best å la det avkjøle litt før beskyttelsesplasten fjernes, for andre går det helt fint å fjerne den mens den er ganske varm.



Foto: Eva H. Hagen



Det er valgt flere farger på kuttet for å vise designet bedre, og når det skal strykes på tøypesen må mønsteret bygges opp lag for lag. Figuren under viser hvordan mønsteret bygges opp av vinyl med forskjellige farger.



Foto: Eva H. Hagen

Som nevnt hender det at de delene av mønsteret som vi luket bort har interessante former som kan brukes. Jeg har brukt dem til å «pynte» tøypesen med.



Foto: Eva H. Hagen

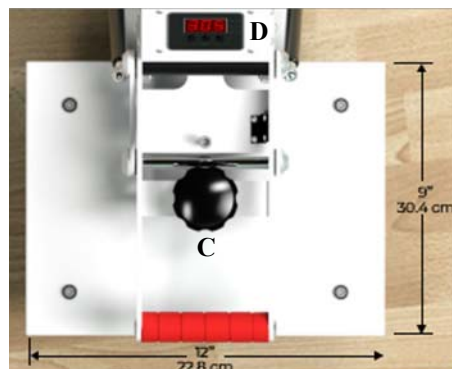
### 5.3.1 Bruk av stor varmpresse

Bildet til høyre viser varmpressen som er vedlagt utstyrspakken. Denne er noe større enn den som ble demonstrert over, men i prinsippet fungerer den på samme måte.

Temperaturen stilles inn og man åpner pressen og legger inn tøystykket. Denne egner seg kanskje spesielt godt for framstilling av trykk på T-skjorter siden er såpass stor.



Siser Craft varmpresse A4



A – Selve pressflaten er ca. A4 (22,8 x 30,4 cm). Varmeelementet er plassert i den øvre delen.

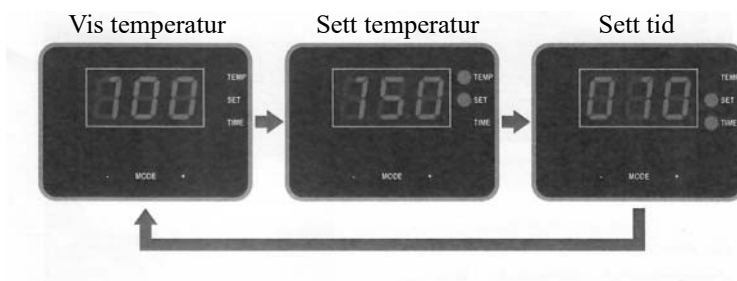
B – Pressa åpnes ved å løfte håndtaket B.

C – Med rattet C kan man øke eller minke presset mellom flatene. Her må man prøve seg fram.

D – Displayet viser temperaturen, alternativt nedtelling til ferdig varmpresset tøy.

**Slå på varmpressa:** Sett i stikkkontakten og slå på bryteren som sitter nederst til venstre bak på pressa.

Bruk av displayet:



Under displayet er det tre knapper – *MODE* +. Man skifter mellom de tre alternativene ved å trykke på den midterste knappen merket *MODE*.

*MODE* kan skifte mellom følgende:

**Vis temperatur:** Displayet viser temperaturen på varmpressa. Når den kommer til den ønskede temperaturen, så holdes temperaturen der. Den valgte temperaturen må tilpasses det tøy man ønsker å trykke på. Sjekk gjerne varedeklarasjonen for tøy.



**Sett temperatur:** Sett ønsket temperatur ved å bruke knappene + og – for å gå opp og ned i temperatur.

**Sett tid:** Sett ønsket tid for å holde tøyestykket i oppvarmet press. Når håndtaket løftes og et arbeidsstykke legges inn i pressa, vil nedtellingen begynne. Når den når null gir den fra seg et signal og tøyestykket kan tas ut. Når håndtaket senkes vil nedtellingen starte automatisk.

### Noen anbefalte innstillinger

Tabellen under viser noen anbefalte temperaturer og tider for påføring av vinyl.

Merke	Temperatur	Tid	Hot/Cold Peel
Siser ps film easyweed	150 – 160°C	15 – 20 sek.	Hot
Sisser glitter	160°C	15 sek.	Cold/hot – må være på topp (ikke press vinyl oppå denne)
Stahls holografisk	150°C	10 sek.	Cold – må være på topp (ikke press vinyl oppå denne)

## 6 Programmering av Bit:bot

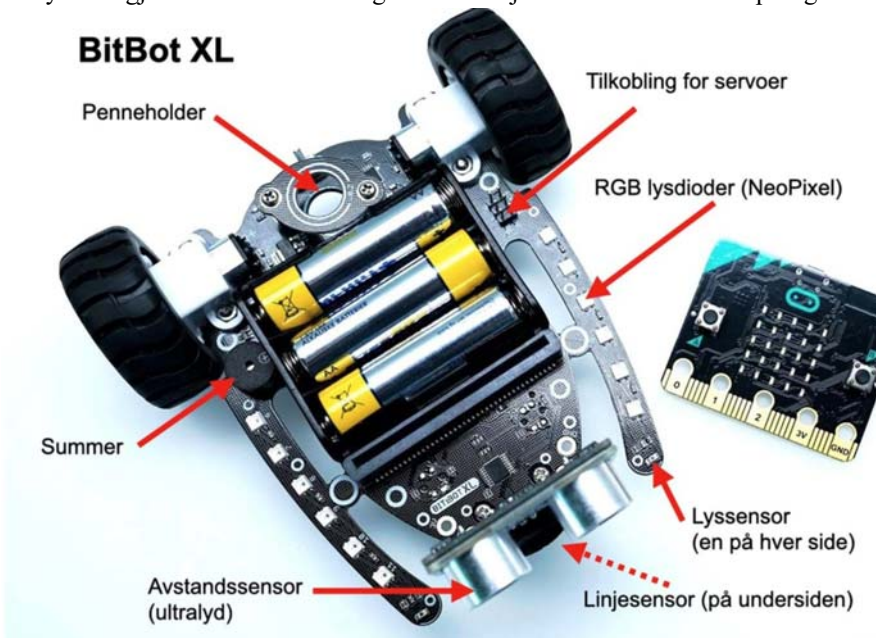
I dette avsnittet skal vi gi en ganske kort introduksjon til Bit:bot som er en micro:bit styrt robot som følger med i Super:bit kassene. I tillegg skal vi oppsummere hva som finnes av oppgaver knyttet til Bit:bot på hjemmesiden til Super:bit. Vi anbefaler derfor at dere bruker disse sidene som også er tilpasset bruk for elevene.

### 6.1 Introduksjon til Bit:bot

Før man tar i bruk Bit:boten må man montere hjulene og sette i batterier. Pass på at hjulene ikke presses for langt inn slik at de berører robot-karosseriet.

#### 6.1.1 Bit:bot - sensorer og aktuatorer

Bit:bot er en micro:bit-styrt robot med diverse sensorer og aktuatorer. Det finnes dessuten en del tillegg utstyr som gjør den mer anvendelig. Grunnversjonen leveres som vist på figuren under.



Roboten leveres normalt *ikke med micro:bit og avstandssensor*, men både micro:bit og avstandssensoren er inkludert i Super:bit-kassen.

Roboten finnes i to utgaver:

- **Classic** – som er den opprinnelige utgaven. Denne er på vei ut og erstattes av ...
- **XL** – som er en nyere utgave og som er den som er med i Super:bit kassen

Her er en kort oppsummering av hvordan Bit:boten er utstyrt slik det er beskrevet på Super:bits hjemmesider<sup>15</sup>:



## Bit:bots funksjoner og tilbehør

Bit:bot har en rekke funksjoner og tilbehør som gir mange spennende muligheter:

- **En pennholder** gir oss mulighet til å feste en tusj. Dekk gulvet med papir og begynn å tegne ulike geometriske former. På denne måten kan man kombinere programmering og matematikk. Prøv å programmere roboten til å tegne sirkler, firkanter eller spiraler?
- **En passiv buzzer** som kan spille enkle toner. Ikke så egnet til å lage musikk, men kanskje til å fjernstyres til å tute?
- **En ultralydsensor** som gjør det mulig å måle avstanden til gjenstander foran roboten. Forsøk å programmerer Bit:boten til å svinge unna når den møter hindringer.
- **To linjesensorer** (på undersiden) som kan registrere om roboten kjører på et mørkt eller lyst underlag. Disse sensorene gjør det mulig å programmere Bit:boten til å følge linjen i Smart-Byen. Den medfølgende sorte elektrikkertapen kan også brukes til å lage egne løyper.
- **To lyssensorer** (på «armene» foran) som kan registrere lys og mørke i rommet. Man kan f.eks. bruke dem til å få roboten til å følge lyset fra en lommelykt i et mørkt rom?
- **12 RGB lysdioder (NeoPixel)** som kan lage lys i alle mulige farger. De kan både programmeres samlet eller enkeltvis. De kan også programmeres til å fungere som blinklys.
- **To tilkoblingspunkter for servoer** på port P1 og P2 som f.eks. kan brukes til å bevege en arm eller lignende.

Sammen med Super:bit-pakken følger det også med en matte (SmartBy) med påtrykte gater og lys som kan legges på gulvet og som Bit:boten kan kjøre på. Legg spesielt merke til den svarte linjen som omkranser byen. Den egner seg godt som en linje roboten kan følge automatisk.



---

15. <https://www.vitensenter.no/superbit/tips-triks-og-feilsoeking/>

### 6.1.2 Ekstrautstyr

Det er også en del ekstrautstyr å få kjøpt til Bit:bot, noe av dette er også støttet av biblioteker som er laget til roboten. Det utstyret som omtales under, kan plasseres i sokkelen helt foran på roboten.

#### *Bit:face*<sup>16</sup>

Dette er en samling på 17 NeoPixel, formet som et ansikt. Hvert pixel kan programmeres individuelt med lysstyrke og farge. Med litt kreativ programmering kan det være med å gi roboten en personlighet. Ansiktet er lett å programmere med Bit:bot-biblioteket.



Bit:face

#### *Matrix*<sup>17</sup>

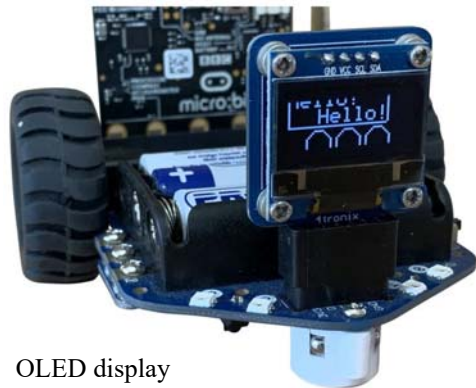
Dette er et 5 x 5 NeoPixel display hvor hvert pixel kan programmeres med lysstyrke og farge. Det oppfører seg som displayet på micro:biten. Matrisen er lett å programmere med Bit:bot-biblioteket.



Matrix

#### *128 x 64 OLED – Display*<sup>18</sup>

Dette er et lite monokromatisk (en farge) display som plasseres i sokkelen foran og som kan vise tekst og grafikk. Displayet er lett å programmere med Bit:bot-biblioteket.

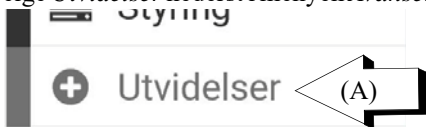


OLED display

### 6.1.3 Installasjon av Bit:bot bibliotek

For lettere å kunne bruke roboten med tilleggsutstyr er det utviklet et rikholdig bibliotek med kommandoer for styring av roboten og programmering av tilleggsutstyret.

Biblioteket må installeres. Dette gjør man ved å velge *Utvidelser* nederst i menyen *Avansert (A)*.



16. <https://shop.4tronix.co.uk/collections/bit-bot/products/bitface-robot-face-breakout>

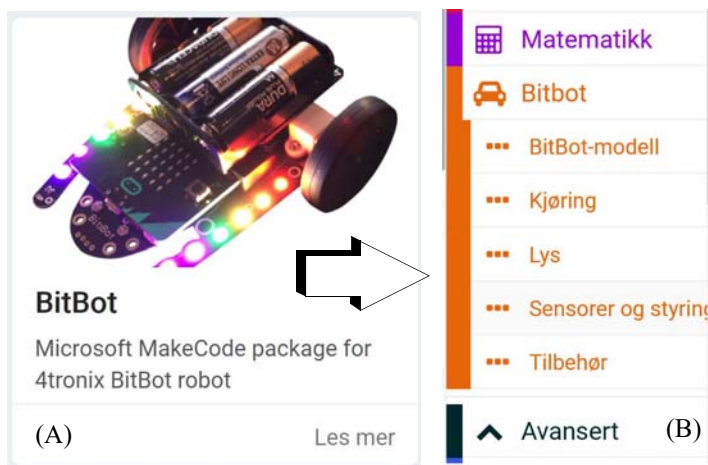
17. <https://shop.4tronix.co.uk/collections/bit-bot/products/fireled-5x5-matrix-breakout>

18. <https://shop.4tronix.co.uk/collections/bit-bot/products/oled-128-x-64>



Velger man *Utvidelser* kommer man til en samling av biblioteksfunksjoner som kan installeres. Dette tilfører menyen en rekke tilleggsfunksjoner, i vårt tilfellet for styring av Bit:bot.

Finn og klikk på bildet vist til høyre, og tilleggsfunksjoner for programmering av Bit:bot installeres. Programmering av det nevnte ekstraustyret er også inkludert i biblioteket.



Som vi ser av figuren til høyre (B), så har den oransje menyen “Bitbot” 5 undermenyer som omfatter programmering av de ulike delene av Micro:biten.

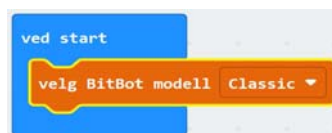
- **Bitbot modell** – Her kan man legge inn en kommando i *ved start* om hvilken type Bit:bot vi har (Classic eller XL). Dersom micro:biten er tilkoblet med batteristrøm på robotten, så vil programmet selv finne ut hvilken robotmodell vi har.
- **Kjøring** – Handler om programmering av fart, forover og bakover, og om å svinge til høyre og venstre med roboten
- **Lys** – Handler om programmering av lys, farger og lysstyrke (NeoPixels)
- **Sensor og styring** – Handler om programmering av lyd/høytaler, avstandssensor, linjesensor, lyssensor, servoer (P1 og P2).
- **Tilbehør** – Handler om programmering av Bit:face, Matrix og OLED-display.

## 6.2 Innledende programmering av Bit:bot

La oss ganske kort peke på de mest grunnleggende kommandoene for å sette roboten i bevegelse.

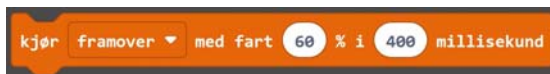
### Velg Bit:bot versjon

Det finnes som nevnt to varianter av Bit:bot, Classic og XL. Det er viktig at programmet vet hvilken som skal programmeres. Blokken *velg BitBot modell* settes inn i blokken *ved start* med riktig modell, ev. Auto hvor riktig modell velges automatisk ved programmering. Dette forutsetter at micro:bit er plagget i Bit:bot som har spenningen på.



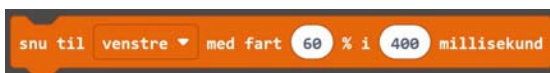
## Kjør rett framover eller bakover

Det finnes to kommandoer for kjøring rett framover eller bakover. Den ene angir bare farten (% av full fart), den andre angir i tillegg hvor lenge den skal kjøre i den angitte farten (millisekunder), se figur. Kommandoene oppgir ikke fart i meter/sek.



## Sving til venstre eller til høyre

Det finnes også to kommandoer for å gjøre en sving mot venstre eller høyre. Den ene angir bare farten (% av full fart), den andre angir i tillegg hvor lenge den skal svinge i den angitte farten (se figuren).



## Juster fart venstre eller høyre motor

Selv om man har til hensikt å kjøre rett fram, så er det ikke alltid at det skjer fordi høyre og venstre motor kan være litt forskjellige. For å bøte på det kan hastigheten til motorene justeres individuelt. En økning på 10% enten mot venstre eller høyre, vil typisk kunne gi et avvik på ca. 15 cm etter 2 meters kjøring. Det er tilstrekkelig å sette inn kommandoene “juster” kun “ved start”. Dersom roboten svinger for mye mot venstre setter vi inn “juster høyre”, og tilsvarende om den svinger for mye mot høyre så setter vi inn “juster venstre”.

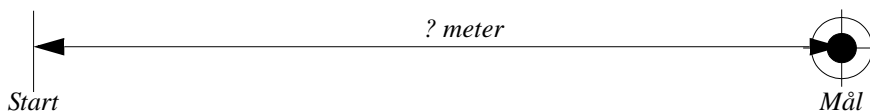


La oss foreslå noen enkle oppdrag som tester ut disse kommandoene:

### 6.2.1 Oppdrag 1 – Nærmest målet i avstand

Vi skal nå bruke disse oppgavene til en liten test:

**Oppdrag 1:** *Det skal kjøres en ukjent rettlinjet distanse fra start til mål. Distansen oppgis 5 min før konkurransen starter. Inntil da skal deltakerne gjøre seg kjent med robotene slik at de i løpet av 5 min. har justert programmet slik at roboten treffer nærmest mulig målet.*



### 6.2.2 Oppdrag 2 – Nærmest målet i avstand og tid

I denne oppgaven skal vi gjøre en liten endring på det forrige oppdraget:

**Oppdrag 2:** *Dette oppdraget er omtrent som det forrige bare at denne gangen skal deltakerne treffe nærmest målet innen en viss tid. Avstand og tid blir oppgitt 5 min. før start. Ett sekund avvik i tid gir 2 cm avvik i distanse i tillegg til det en har av avvik.*

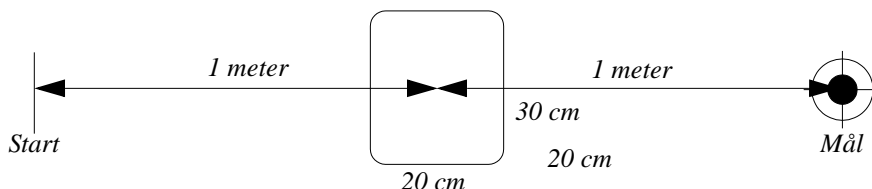
I dette oppdraget må deltakerne beregne robotens hastighet.



### 6.2.3 Oppdrag 3 – Nærmest målet bak hindring på kortest mulig tid

I dette oppdraget skal deltagerne komme nærmest målet som er skjult bak en hindring. De får ikke lov til å prøve seg på konkurransebanen, men får oppgitt noen mål.

**Oppdrag 3:** Målet er plassert 2 meter fra startlinjen. Midt mellom start og mål er det plassert en boks på 20 x 30 cm. Kom nærmest mulig målet på kortest mulig tid. 1 cm avvik gir 2 sekunder i tilleggstid. Hvem får kortest tid.



Disse oppdragene kan forenkles og tilpasses alderen og kunnskapen til elevene.

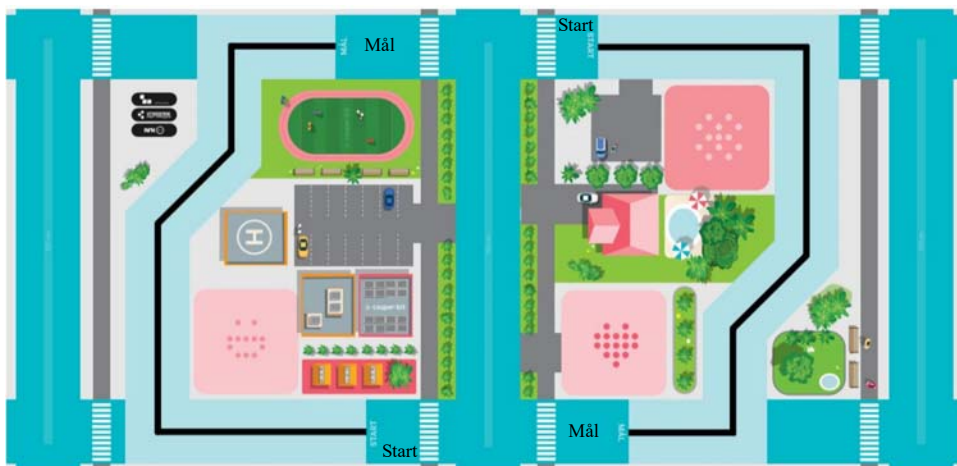
### 6.2.4 Oppdrag 4 – Kjør på veien gjennom Smartbyen

#### + Kjør på veien gjennom hele byen

En lignende oppgave finner du også hos Super:bit: <https://www.vitensenter.no/superbit/elev/etter-superbit-opdraget/>

Her skal elevene få Bit:boten til å kjøre ei av løypene som er markert på smartby-matta.

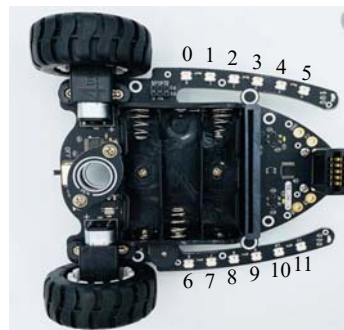
**Oppdrag 4:** Kjør strekningen fra Start til Mål på kortest tid uten å berøre kantene på banene.



Her må de måle hvor lange de enkelte strekningene er, og anslå vinklene. Her kommer det godt med å vite hva som skal til for å få den til å kjøre en meter, og hvor mange grader Bit:boten svinger pr. sekund.

## LED-lys

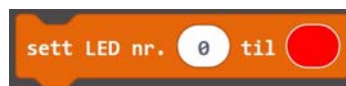
Langs hver “arm” av Bit:boten er det seks NeoPixeler. Hvert NeoPixel består av en rød, en grønn og en blå lysdiode. Lysstyrken til hver av de tre lysdiodeene kan settes individuelt slik at det oppstår en fargeblanding. I prinsippet kan vi blande oss til 256 x 256 x 256 ulike farger, inkludert gråtoner. I praksis langt færre, da vi ikke er istand til å skjelve de ulike farge-nyansene fra hverandre. Figuren til høyre viser nummereringen til NeoPixelene som vi trenger for å kunne slå på enkelt-pixeler.



### Tenn en NeoPixel med en bestemt farge

Med blokka til høyre kan vi gi en bestemt NeoPixel (*LED nr.*) en bestemt farge. Fargen velger vi fra en fargepalett.

**OBS!** Erfaringer har vist at dersom man setter inn LED nr. større en 11, så har Bit:bot en tendens til å gå i stå. Det gis imidlertid ingen feilmelding.



### Sett samlet lysstyrke

Med kommandoblokka *sett lysstyrken* kan vi sette lysstyrken til samtlige NeoPixeler.



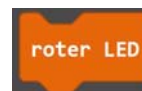
### Flytt LED

Kommandoen flytt LED gjør at alle LED på begge armer rykker et hakk fram LED 0 → LED 1 og LED1 → LED 2 osv. LED11 forsvinner ut i intet.



### Roter LED

Kommandoen roter LED gjør at alle LED på begge armer rykker et hakk fram LED 0 → LED 1 og LED1 → LED 2 osv, og LED11 → LED 0. Dvs at når de kommer til enden hopper de tilbake til start igjen.



## 6.2.5 Oppdrag 5 – Kjør løypa fra Start til Mål raskest mulig og bruk blinklys

Sett blinklys på Bit:boten når den svinger.

**Oppdrag 5:** Gjennomfør samme oppdrag som i 4, men hver gang Bit:boten svinger til høyre skal det lyse et grønt lys på høyre arm og hver gang den svinger til venstre skal det lys et rødt lys på venstre arm.

Er det mulig å få en NeoPixelene til å blinke til høyre eller til venstre samtidig som roboten svinger?



## Lyssensorer

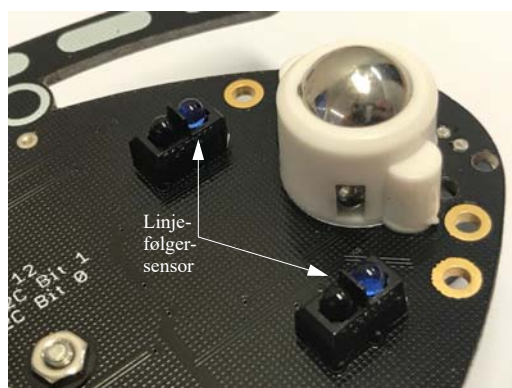
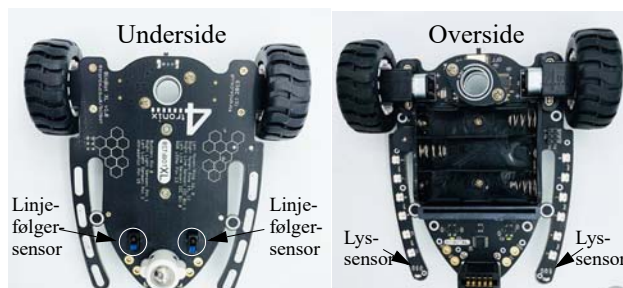
Det finnes to typer lyssensorer:

### 1. Vanlige lyssensorer

Disse sitter ytterst på Bit:botens to armer, en på hver side og registrerer intensiteten på lyset som treffer dem

### 2. Linjefølgersensorer

Disse sitter på undersiden av Bit:boten og sender infrarødt lys ned mot underlaget. En lyssensor rett ved siden av den infrarøde lyset, registrerer det reflekterte lyset og kan på den måten se forskjell på et lyst eller en mørkt underlag. Figuren under viser et nærbilde av linjefølgersensorene (eller reflektanssensorer). Det er lett å teste sensorene da en lysdiode på oversiden av roboten vil slukke når man holder et hvitt papir foran sensoren.



Vi kan lese av høyre og venstre linjefølger sensor med følgende kommandoblokker Sensoren har verdien 1 når den er over et mørk område og 0 når den er over et lyst område (Mørkt = "1", Lyst = "0").

venstre ▾ linjesensor

høyre ▾ linjesensor

## 6.2.6 Oppdrag 6 – Lag en selvfølgende bil

### + Lag en selvkjørende bil

Oppgaven er hentet fra Super:bit: <https://www.vitensenter.no/superbit/elev/etter-superbit-oppdraget/>

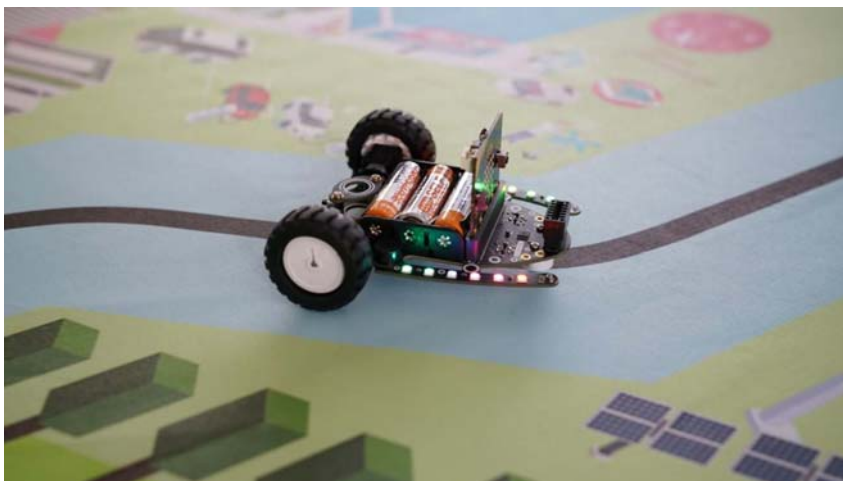
**Oppdrag 6:** I SmartByen er det tegnet opp svarte linjer på veiene som skal hjelpe selvkjørende biler med å holde seg på veien. Programmer BitBoten til å bruke linjesensorene til å kjøre på linjen.

## Programmeringstips:

Vi vil at BitBotten skal fungere på denne måten:

- Når linjen er midt mellom de to sensoren skal roboten kjøre rett frem.
- Når roboten kommer til en venstresving, dekker streken for lyset til venstre sensor. Da vil vi at roboten skal kjøre mot venstre.
- Når roboten kommer til en høyresving, dekker streken for lyset til høyre sensor. Da vil vi at roboten skal kjøre mot høyre.
- Klarer du pusle sammen blokkene så BitBotten følger linjen?

Løsningsforslaget finnes her: [https://makecode.microbit.org/\\_5mMi0P0EkUgm](https://makecode.microbit.org/_5mMi0P0EkUgm)



## Lyssensorer

Som nevnt over så har Bit:boten to lyssensorer som måler lysintensiteten på høyre og venstre arm. Verdiene av disse målingene kan vi få tilgang til ved hjelp av kommandoen vist til høyre.

Sensoren gir oss en tallverdi fra 0 – 1023, hvor 0 er absolutt mørke, og 1023 er absolutt lys.



### 6.2.7 Oppdrag 7 – kjør etter lysstrålen

I dette oppdraget skal vi bruke lyssensorene for styre Bit:boten.

**Oppdrag 7:** Programmer Bit:boten slik at den kjører rett mot en lyskilde, f.eks. en lommelykt

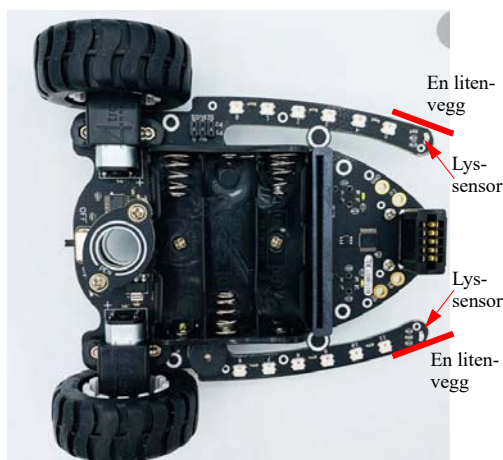
#### Tips til programmering:

Tenk deg at du befinner deg ombord på Bit:boten og ser framover. Du kjører mot en lyskilde et stykke foran Bit:boten.



- Dersom roboten svinger litt mot venstre så kan vi tenke oss at lyssensoren på høyre side får mer lys enn sensoren på venstre side – I det tilfellet vil vi at roboten skal svinge litt mot høyre.
- Dersom roboten svinger litt mot høyre så kan vi tenke oss at lyssensoren på venstre side får mer lys enn sensoren på høyre side – I det tilfellet vil vi at roboten skal svinge litt mot venstre.

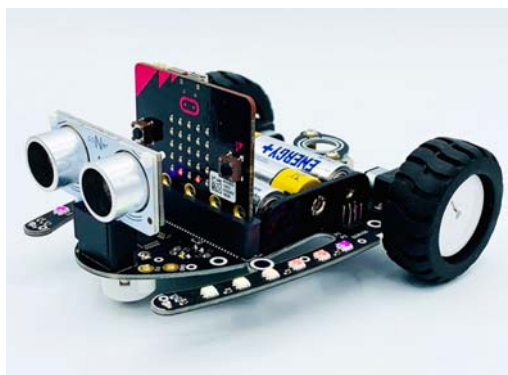
Her er det mange muligheter for at ting skal gå galt. Så her må det gjøres mye utforskning. For å øke forskjellen mellom høyre og venstre sensor, så kan det være lurt å gjøre sensorene mer rettingsfølsomme. Det vil si at en liten endring i retning til side for lyskilden, gir økt forskjell i målt lysstyrke på de to lyssensorene. Dette kan en f.eks. få til ved å sette opp en liten “vegg” på utsiden av hver av lyssensorene som vist på figuren under.



Her må man prøve seg fram for å finne riktig form og størrelse.

### Ultralyd avstandssensor

Ultralyd avstandssensoren er ekstrautstyr som følger med i Super:bit-kassene og plugges ned i kontakten i nesepartiet til Bit:bot. Denne fungerer som en sonar eller radar. Den sender ut en kort ultralyd puls fra det ene “øyet” og tar imot refleksjonen i det andre. Siden lyd bruker tid på å gå fram og tilbake slik et ekko gjør, så kan vi måle tiden det tar fra lyden sendes ut til den kommer tilbake. På bakgrunn av tiden det tar, beregnes avstanden til hindringen der refleksjonen skjedde.



Siden lyd hastigheten i luft er omtrent konstant og lik ca. 340 m/sek, så kan vi lett finne avstanden fra roboten til hindringen.



Denne sensoren leser vi av med følgende kommandoblokk og angir avstanden fra roboten og fram til hindringen. Sensoren leverer målt avstand i cm, tommer eller i mikrosekunder. Vi har valgt cm i dette tilfellet.



## 6.2.8 Oppdrag 8 – Robotgressklipper

### + Lag en robotgressklipper som unngår hindringer

Oppgaven er hentet fra Super:bit: <https://www.vitensenter.no/superbit/elev/etter-superbit-oppgaget/>

I dette oppdraget skal vi bruke ultralyd avstandsmåleren for å styre Bit:boten

**Oppdrag 8:** *Smartbyen har noen robotgressklippere som skal kjøre rundt i parkene og klippe gresset. Hjelp til med å lage et program sånn at de ikke kolliderer med ting og tang ved å bruke ultralydsensoren til å måle avstanden til hindringer.*

For å teste ut programmet må man avgrense et område med hindringer langs kanten. Man kan bruke plastbokser, pappesker eller bøker o.a.

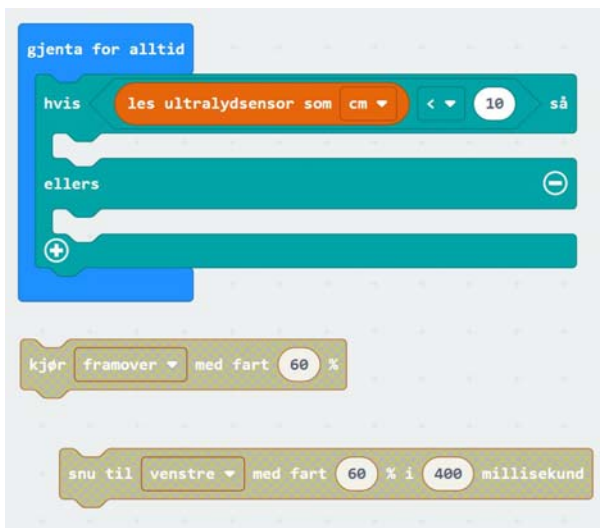
#### Tips til programmering:

Programmet starter med å sjekke om ultralydsensoren (sonaren) måler en avstand på under 10 cm.

- Hva bør skje hvis avstanden er under 10 cm?
- Og hva bør skje ellers, dersom avstanden er over 10 cm?

I programforslaget under er det to løse blokker som kan puttes inn i programmet. Prøv deg fram og se hva som skjer.

**OBS!** Erfaringer viser at avstandssensoren fungerer dårlig dersom batteriene har lav spenning. Dette gjelder spesielt oppladbare batterier siden disse i utgangspunktet har noe lavere spenning enn vanlige tørrbatterier.



## 6.3 Fjernstyring av Bit:bot

I dette avsnittet skal vi beskrive hvordan vi kan fjernstyre en robot av typen Bit:bot XL ved hjelp av en håndholdt micro:bit. Vi ønsker å bruke Bit:bot sitt bibliotek som gjør det lettere å programmere den.



Vi har tatt utgangspunkt i et undervisningsopplegg utviklet av Roy Even Aune ved Vitensenteret i Trondheim. En nettbasert utgave av opplegget finnes på wiki-siden til Vitensenteret: [http://wiki.trigger.vitensenteret.com/doku.php?id=introduksjon\\_til\\_bitbot](http://wiki.trigger.vitensenteret.com/doku.php?id=introduksjon_til_bitbot)

Vi ønsker å fjernstyre roboten ved hjelp av enkle håndbevegelser. For å utføre dette oppdraget trenger vi derfor to micro:bit'er, en batteripakke og en Bit:bot XL. Den ene micro:bit'en, *sender-enheten*, bruker vi til å sende kommandoer til micro:bit'en som er montert på Bit:bot'en, *mottaker-enheten*.

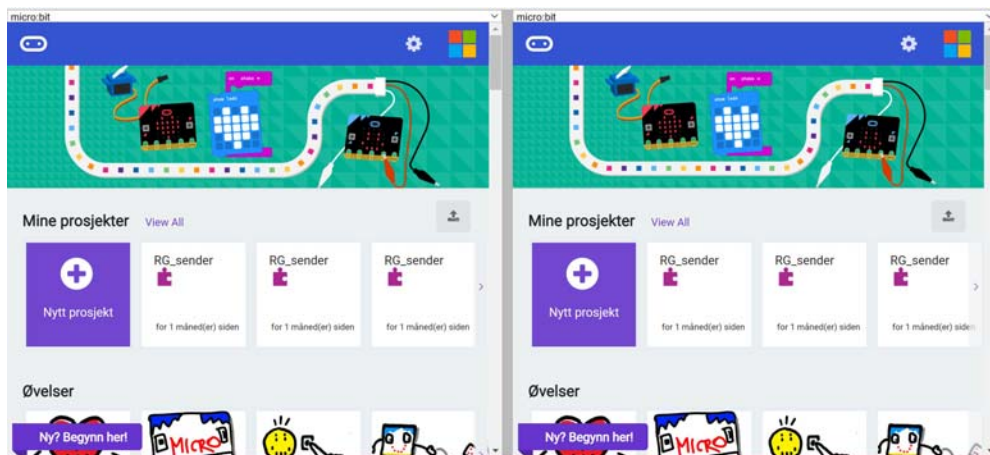
Vi ønsker at oppdragets fokus skal være *radiokommunikasjon* og bruk av sender- og mottaker-enhetene hos micro:bit'ene.

### 6.3.1 Bruk av multi-edit

Siden vi i denne oppgaven skal programmere både en sender og en mottaker så kan det være lurt å kunne ha to vinduer åpne samtidig. Dette får man anledning til ved å bruke nettadressen:

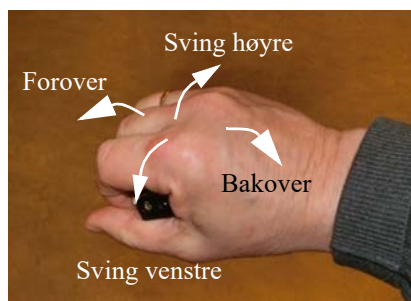
<https://makecode.com/multi#>

Vinduet kan da bli seende slik ut:

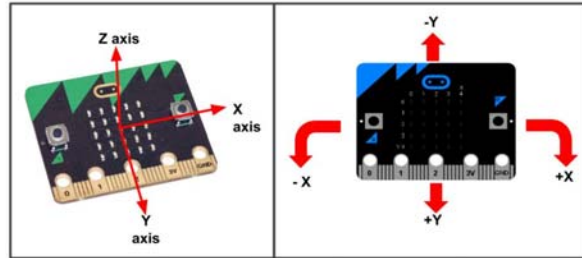


### 6.3.2 Akselerometeret

For å kunne styre og regulere farten til roboten, skal vi bruke *akselerometeret* i sender-enheten. Siden det kan være mest praktisk å holde kortet på tvers inne i hånda, så velger vi å øke hastigheten framover ved å bøye hånden framover (ned), og tilsvarende øker vi hastigheten bakover ved å bøye hånden bakover (opp). I tillegg ønsker vi å kunne svinge roboten til høyre og venstre, ved å dreie hånden mot henholdsvis høyre og venstre. Dette er mulig når vi vet hvordan akselerometeret i micro:bit'en fungerer.



Figuren til høyre viser akselerometerets akseretninger i forhold til micro:bit-kortet. Siden akselerometeret forholder seg til tyngdeakselerasjonen, som er 1 g i vertikal retning, vil avleste verdier i x- og y-retning bli som i tabellen under avhengig av hvordan vi holder micro:bit'en. Legg merke til at den avleste verdien har benevnelsen mg (milli g):



Handling	x-retning	y-retning	z-retning
Flatt på bordet, display opp	0 mg	0 mg	- 1000 mg
Flatt på bordet, display ned	0 mg	0 mg	+ 1000 mg
Tilting mot høyre om y-akse, display opp	økende positiv verdi	0 mg	minkende negativ verdi
Tilting mot venstre om y-akse, display opp	økende negativ verdi	0 mg	minkende negativ verdi
Tilting framover om x-aksen, display opp	0 mg	økende positiv verdi	minkende negativ verdi
Tilting bakover om x-aksen, display opp	0 mg	økende negativ verdi	minkende negativ verdi

Det er viktig å merke seg at vi får alle mellomliggende verdier i x- og y-retning når vi dreier mikro:bit'en fra horisontal til vertikal orientering.

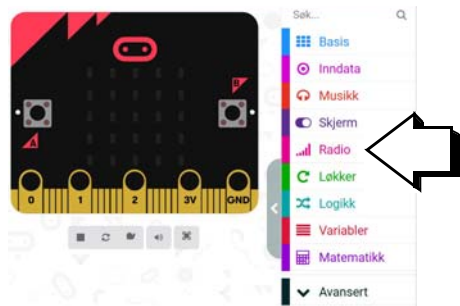
### 6.3.3 Programmering av sender-enheten

La oss begynne med å programmere senderenheten som er den enheten som holdes i hånda. Vi bruker kommandoblokker fra radio-menyen (rød) (se figuren til høyre)

#### 1. Velg radiokanal

Startblokken hentes fra *Basis-menyen* (blå) og *radio sett gruppe* hentes fra Radio-menyen (rød). Velg en radiogruppe som skiller seg fra de andre om det er flere i rommet som gjør det samme.

I vårt eksempel har vi valgt *gruppe 10*. For at vår sender-enhet skal kunne kommunisere med vår mottaker-enhet hos roboten, må også den settes til samme gruppe.

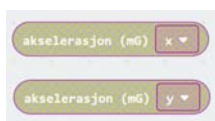
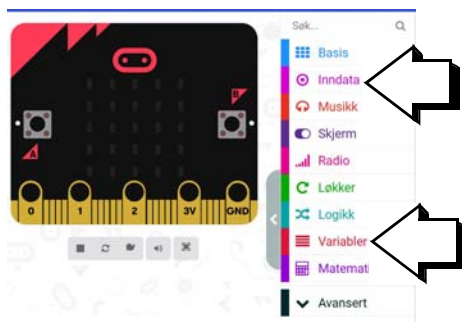




## 2. Les av akselerometrene

Vi skal lese av akselerometeret i x- og y-retning og sende verdiene til mottaker-enheten. Verdierne for  $g$  leses av i milli  $g$  (her betegnet mG). Vi finner kommandoblokken for å lese av akselerometeret i menygruppen *Inndata* (fiolett).

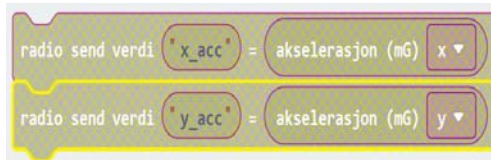
Siden vi skal lese av akselerometeret i både x- og y-retning, må vi gjøre to slike avlesninger, en for hver retning, x og y (se figuren under). Retning velges med den vesle pila til høyre i blokken.



Derneft må vi knytte avlesningene til *identifikatorer* slik at mottakeren vet hvilken måleverdi den mottar. Vi velger å kalle disse for  $x\_acc$  og  $y\_acc$ . De to identifikatorene lager vi ved å skrive dem inn mellom hermetegnene i *radio send verdi*-blokken samtidig som vi legger inn akselerometerverdiene til høyre i blokkene som vist på figuren under.

Da får vi knyttet sammen identifikatorer og avlest verdi.

Senderkommandoen *radio send verdi*-blokken finner vi i Radio-menyen (rød):



Blokkene vist i figuren over sender ut identifikatorene og akselerometerverdiene til de andre i gruppen, hos oss bare vår Bit:bot.

## 3. Legg inn i loop

Vi gjentar sendingen hele tiden, gjerne med en liten tidsforsinkelse (*Pause*) mellom hver sending. *Pause*-kommandoen finnes i menyen *Basis* (blå). Vi velger å legge inn 50 millisekunder mellom sending av de to verdiene  $x\_acc$  og  $y\_acc$ .

Da er programmet for sender-enheten ferdig. Før vi sender programmet over til micro:bit'en gir vi programmet et navn og lagrer det. Bruk menylinjen for lagring nederst. Vi har kalt programmet for *Bit-bot Sender 1*



Man velger selv om man vil lagre i skyen (default) eller på egen PC.



Programmet legges over til sender-enhetens micro:bit, ved f.eks. å dra fila over til micro:bit'en som kobles til PC'en med en USB-kabel.

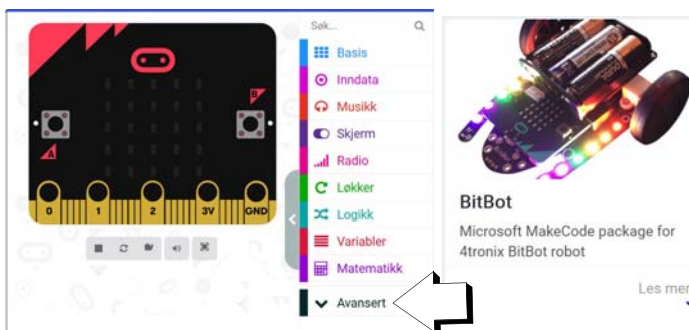
### 6.3.4 Programmering av mottaker-enheten

Mottaker-enheten er den micro:bit'en som er pluggert i Bit:bot'en og som mottar signalene fra den håndholdte sender-enheten.

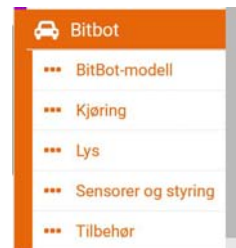
Pass på at du fjerner programmet som har med sender-enheten og skriver inn navnet på programmet til mottakeren. F.eks.: *Bit-bot Mottaker 1*

#### 4. Installerer bibliotek for styring av Bit:bot

For at det skal være lettere å programmere Bit:bot'en, har noen laget et bibliotek med et ekstra sett av kommandoer. For å kunne ta i bruk disse kommandoene må vi installere biblioteket til Bit:bot. Biblioteket installeres på følgende måte:



- Velg menyen *Avansert* og deretter *Utvidelser*. Du kommer da til en meny hvor du finner en rekke utvidelser deriblant *Bit:Bot*. Velg *Bit-bot* ved å trykke på rubrikken hvor *Bit:bot* er avbildet (figur over til høyre).
- Det finnes to versjoner av *Bit:bot*: *Classic* og *XL*. Sjekk hva slag *Bit:bot* du har og velg riktig robot (Skolelaboratoriet har *Bit:bot XL*). Figuren til høyre viser en rekke tilleggsmenyer med kommandoer spesiallaget for *Bit:bot*.



#### 5. Velg radiokanal og modell

Hent fra funksjonen ved start fra *Basis*-menyen (blå). De blokkene som legges i funksjonsgapet til denne utføres bare når programmet startes opp.

Her velger vi samme radiokanal (gruppe) som senderen. Dessuten velger vi *Bitbot-modell* fra *Bit:bot*-menyen (oransje), og deretter *Bitbot modell* ved hjelp av den vesle pila til høyre i blokken, *classic* eller *XL*. Ved å velge *Auto* så vil *Bit:bot*'en selv velge riktig bibliotek, dersom *micro:bit*'en er pluggert inn i roboten når programmet lastes opp. Det er viktig å velge riktig modell siden det er brukt litt forskjellige porter hos *micro:bit*'en for å styre de to typene robot. Skolelaboratoriets *Bit:Bot*'er er som sagt av typen *XL*.





## 6. Motta akselerometerverdiene og legg dem i to variabler, X og Y

Vi oppretter de to variablene X og Y, som skal holde de mottatte verdiene fra  $x_{acc}$  og  $y_{acc}$ .

Først oppretter vi de to variablene. Dette gjør vi i menyen *Variabler* (rød) og skriver inn de to variablene i innboksen *Lag ny variabel*.

Ved oppstart velger vi å sette de variablene X og Y til 0 ved å bruke blokken *sett ... til ...* som vi finner i variabel-menyen. Blokken *ved start* kjører, som tidligere nevnt, bare når programmet starter opp.



## 7. Lytt etter meldinger på radio

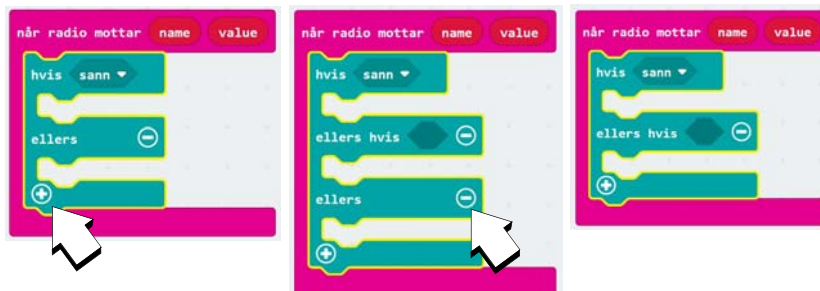
Dernest skal vi lytte etter radiomeldinger som sender på vår radiogruppe (kanal). Til dette bruker vi kommandoblokken: *når radio mottar "name" "value"* fra Radio-menyen (fiolett). Her kan man enten bruke default navnene "name" og "value", eller man kan definere sine egne navn. Vi velger default verdier.



Denne blokka sjekker om det mottas informasjon innen den aktuelle radiogruppen (10). Om så er tilfelle utføres de kommandoene som legges inn i "funksjons-gapet". Når det mottas informasjon, vil *name* og *value* inneholde henholdsvis navnet på den overførte parameteren ( $x_{acc}$

eller  $y_{acc}$ ) og verdien (0 – 1023).

Avhengig av om vi mottar  $x_{acc}$  (dvs. name er lik " $x_{acc}$ ") eller  $y_{acc}$  (dvs. name er lik " $y_{acc}$ ") skal vi legge verdien i henholdsvis X og Y variabelen. For å få til det må vi bruke en *hvis-funksjon* (grønn blokk som vist under).



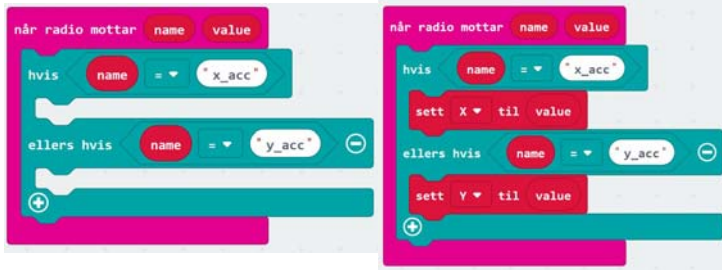
Hent *hvis-ellers-blokken* fra *Logikk-menyen* (grønn). Ved å trykke på + nederst i venstre hjørne av blokken, får vi opp et ekstra *ellers-hvis-felt* som vi ønsker i å bruke her. Vi ønsker imidlertid ikke *ellers-feltet* så denne fjerner vi ved å trykke – til høyre for *ellers*.

En *hvis-ellers-blokk* fungerer slik at ulike kommandoer kan utføres avhengig av hvilken *betingelse* som er oppfylt. Betingelsen setter vi inn i den sekskantede "åpningen".

Dernest legger vi inn betingelsene ved å hente en *sammenligningsblokk* fra *Logikk-menyen* (lyseblå). Vi velger den som sammenligner tekst (med hermetegn, se figuren til høyre).



Så legger vi inn *name* på venstre side av betingelsene og skriver inn henholdsvis *x\_acc* og *y\_acc* mellom hermetegnene til høyre i betingelsen for å sjekke hvilken variabel som er oversendt. Variabelen *name* kan vi kopiere fra den ytre ramma ved kun å dra den over.

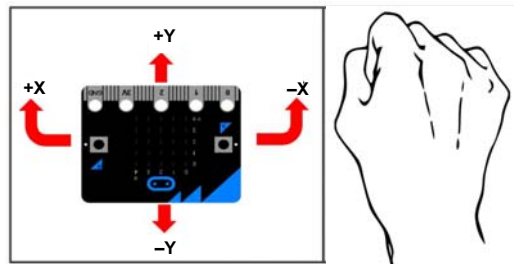


Dersom *name* er lik *x\_acc* så skal vi *sette X til value*, dvs. verdien i *value* legges inn i variabelen *X*. Tilsvarende legges *value* inn i variabelen *Y* dersom *name* er lik *y\_acc*.

Nå har vi verdiene for *x\_acc* og *y\_acc* liggende i henholdsvis variablene *X* og *Y*.

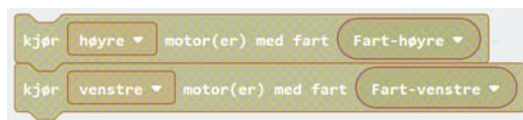
## 8. Styring av motorene

Vi skal bruke akselerometerverdiene mottatt fra sender-enheten til å styre roboten. Som vi har omtalt tidligere så mottar vi positive og negative verdier fra *x\_acc* (*X*) og *y\_acc* (*Y*) i henhold til figuren til høyre. Neven lengst til høyre viser i hvilken retning den holder micro:bit'en.



Vi skal nå bruke kommandoer fra Bit:bot-menyen (oransje) som vi installerte for litt siden.

Roboten har to motorer, en motor til hvert av hjulene. Ved å kjøre de to hjulene med forskjellig fart, vil roboten svinge. For å kjøre motorene med en gitt fart bruker vi kommandoblokkene *kjør høyre/venstre motor(er) med fart ....* Det er viktig at vi kan styre de to motorene uavhengig av hverandre.



I tillegg kan vi definere to variabler *Fart-høyre* og *Fart-venstre* som vi gjør i variabel-menyen (rød).

Vi vet at *X*-verdien som kan være både positiv og negativ, skal kontrollere forskjellen mellom hastigheten til motorene, og *Y*-verdien, som også kan være positiv eller negativ, skal styre framdriften. Positive verdier vil drive roboten framover, og negative verdier vil drive roboten bakover. La oss sette opp noen ligninger som beskriver robotens bevegelser framover og bakover:

$$\text{Fart-høyre} = Y \tag{6.1}$$



$$\text{Fart-venstre} = Y \quad (6.2)$$

Dersom roboten skal svinge til høyre, må farten på venstre hjul øke og farten på høyre hjul avta, og omvendt om den skal svinge til venstre. Denne variasjonen styres av  $X$ -verdien. Vi kan da modifisere formlene våre slik:

$$\text{Fart-høyre} = Y - X \quad (6.3)$$

$$\text{Fart-venstre} = Y + X \quad (6.4)$$

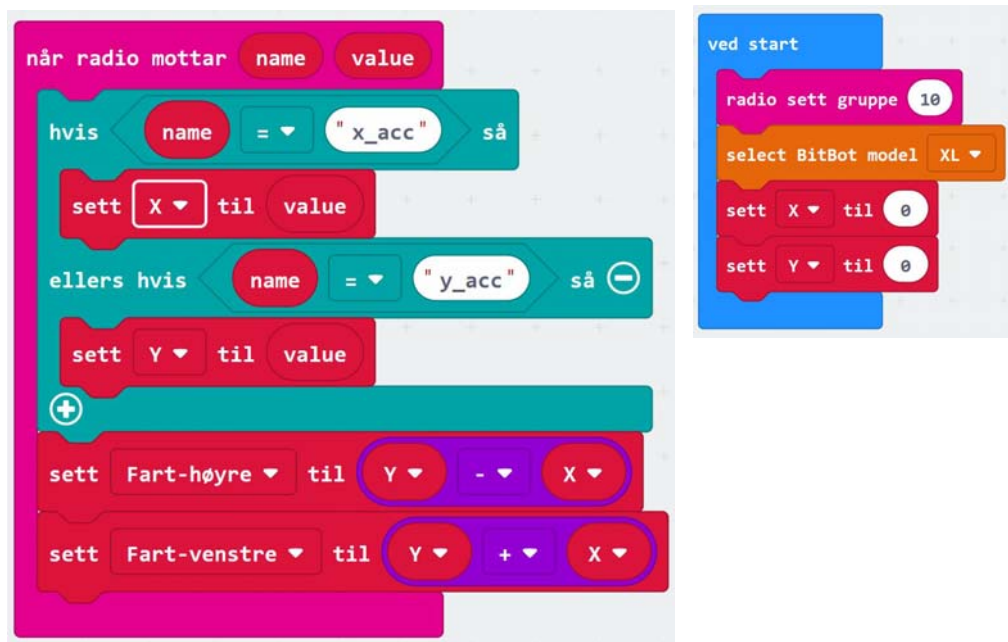
Forsøk å resonner dere fram til hvorfor vi har valgt fortegnene slik som vist. Om vi har valgt rett får dere svar på når dere tester programmet i roboten.

## 9. Beregn farten på hver av motorene

For å beregne farten bruker vi kommando-blokken *sett variabel til*.



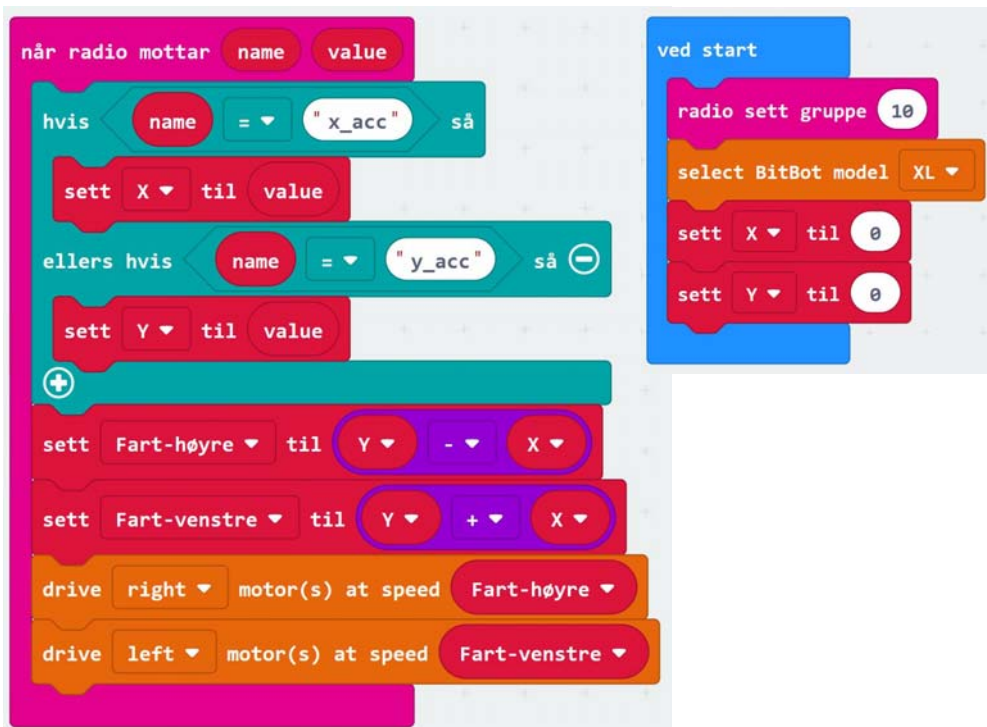
Om vi setter inn disse blokkene etter at verdiene er hentet fra radiomottakeren, vil programmet kunne se slik ut:



Nå har vi beregnet farten til de to motorene som er et tall og tallet er lagt i de to variablene *Fart-høyre* og *Fart-venstre*.

## 10. Sett fart på motorene

For å sette fart på motorene bruker vi to kommandoer fra Bit:bot-menyen.



Legg merke til at *ved start*-blokken inkluderer variablene *X* og *Y* som ved oppstart er satt til 0, dvs. at vi alltid starter med å stå i ro før den første verdien kommer fra den håndholdte senderen.

## 11. Overføring av programmet til micro:bit

Derneft kan programmet flyttes over til micro:bit'en<sup>19</sup>.

## 12. Forenkling

Ser du en måte som gjør at programmet kan forenkles med færre blokker?

19.NB! Dersom du bruker en Bit:bot Classic: Pass på at Bit:bot løftes fra bordet når den slås på. Dersom den står på bordet vil lys-sensorene (reflektanssensorene) på undersiden av roboten vanligvis registrere mørke og gå inn i parringsmodus for bluetooth, hvilket vi ikke ønsker i denne omgangen. Dette er kun er nødvendig for Classic versjonen av roboten og ikke XL-versjonen. Greit å være klar over.



Inntil videre hopper vi over punkt 8 og 9. Uttestinger viser at denne ekstra finessen ikke er nødvendig. Dere kan ev. legge den inn senere.

### 6.3.5 Tilleggsoppgaver til programmering av Bit:bot

Dette avsnittet viser programmering av noen ekstra egenskaper ved Bit:bot'en

#### 1. Endre på følsomheten på styrefunksjonen

Vi ønsker også å kunne justere *følsomheten* til styrefunksjonen. Dette kan vi gjøre ved å multiplisere  $Y$  og  $X$  med to følsomhetsfaktorer,  $fx$  og  $fy$ . Disse kan f.eks. ha verdier fra 0 til 2.

Verdier mellom 0 og 1 vil redusere følsomheten, mens verdier mellom 1 og 2 vil øke følsomheten i forhold til verdien 1 som ikke gir noen justering av følsomheten.

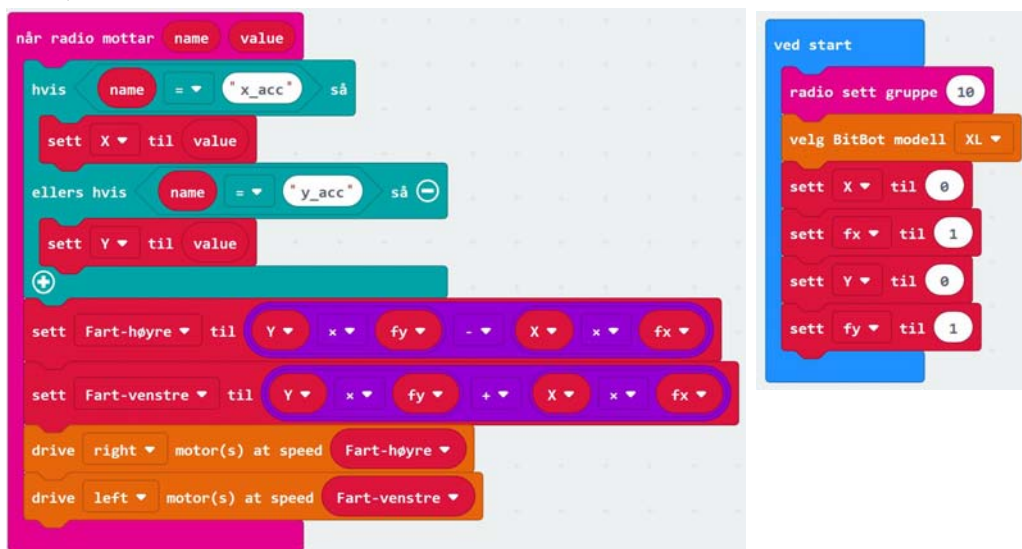
Økt følsomhet betyr at håndbevegelsen får større konsekvenser for farten, mens redusert følsomhet betyr at håndbevegelsen får mindre konsekvenser for farten.

$$\text{Fart-høyre} = Y*fy - X*fx \quad (6.5)$$

$$\text{Fart-venstre} = Y*fy + X*fx \quad (6.6)$$

I tillegg kan vi legge inn startverdier for  $fx$  og  $fy$  i oppstartsrutinen *ved start*. Husk og definer variablene  $fx$  og  $fy$  under menyen *Variabler*.

I utgangspunktet har vi gitt  $fx$  og  $fy$  verdien 1 hvilket betyr at vi hverken har redusert eller økt følsomheten.

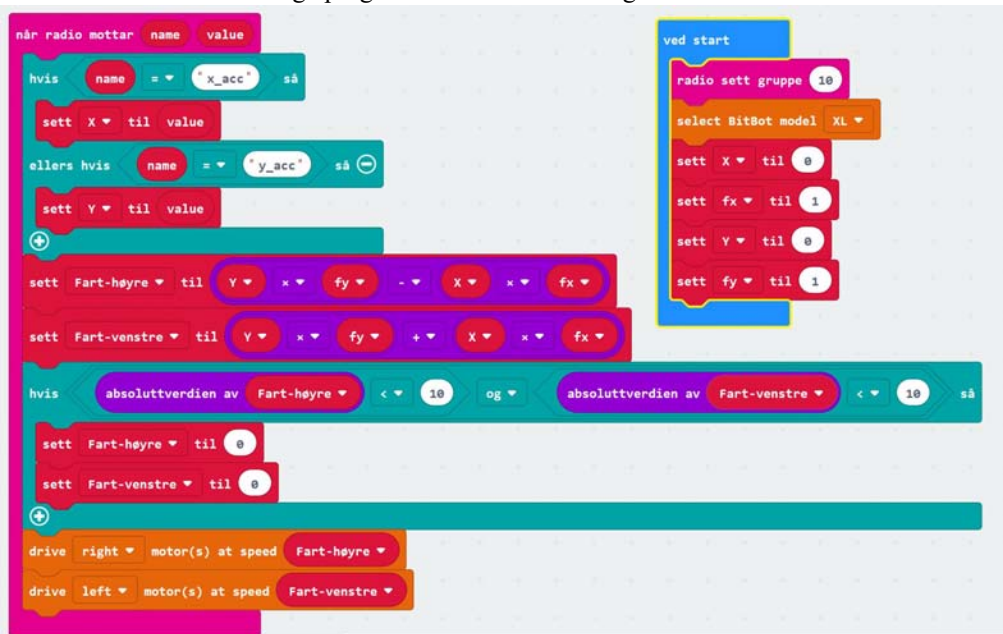


## 2. Sett opp et stoppvindu

Noen ganger kan det være vanskelig å få roboten til å stå helt stille. For å gjøre det lettere å holde roboten i ro når vi ønsker det, så kan vi sette *Fart-høyre* = 0 og *Fart-venstre* = 0 dersom verdien av de to variablene er under en viss *terskelverdi*, f.eks. 10. Siden dette gjelder både framover (+ verdi) og bakover (– verdi), kan vi bruke den matematiske funksjonen *absoluttverdi* når vi skal undersøke om verdiene er under terskelverdien.

For å teste om farten er mindre enn 10 bruker vi en *hvis-blokk som vi finner under menyen Logikk* (grønn).

Dermed skulle det ferdige programmet bli som vist i figuren under.



## 3. Overføring av programmet til micro:bit på Bitbot

Dernest kan programmet flyttes over til micro:bit<sup>20</sup>.

### 6.3.6 Lys og lyd hos Bit:bot

En kan se for seg en rekke forskjellige utvidelser av funksjonen til roboten. Her er noen forslag:

1. La roboten lage lyd når du trykker på knapp A.
2. Slå på lys ved å trykke på knapp B.

20.NB! Dersom du bruker en Bit:bot Classic: Pass på at Bit:bot løftes fra bordet når den slås på. Dersom den står på bordet vil lys-sensorene (reflektanssensorene) på undersiden av roboten vanligvis registrere mørke og gå inn i parringsmodus for bluetooth, hvilket vi ikke ønsker i denne omgangen. Dette er kun er nødvendig for Classic versjonen av roboten og ikke XL-versjonen. Greit å være klar over.



- 
3. Skift mellom ulike farger på lyset når du trykker gjentatte ganger på knapp B. I løpet av sekvensen skal lysene være avslått.
  4. Skriv et program som gjør at roboten følger en svart linje på gulvet.
  5. La roboten skifte mellom å følge en linje og bli fjernstyrt når knapp A trykkes.



---

## 7 Referanser



## Vedlegg A Brukerveiledning CorelDRAW<sup>21</sup>

### A.1 Finne programmet – åpne programmet

Når du skal finne *CorelDRAW* på din enhet/PC så kan forskjellige års versjoner ha forskjellig Logo. Her er de mest kjente.



På Vitensenteret i Trondheim (ViT) vil du finne de to lengst til høyre på figuren over:

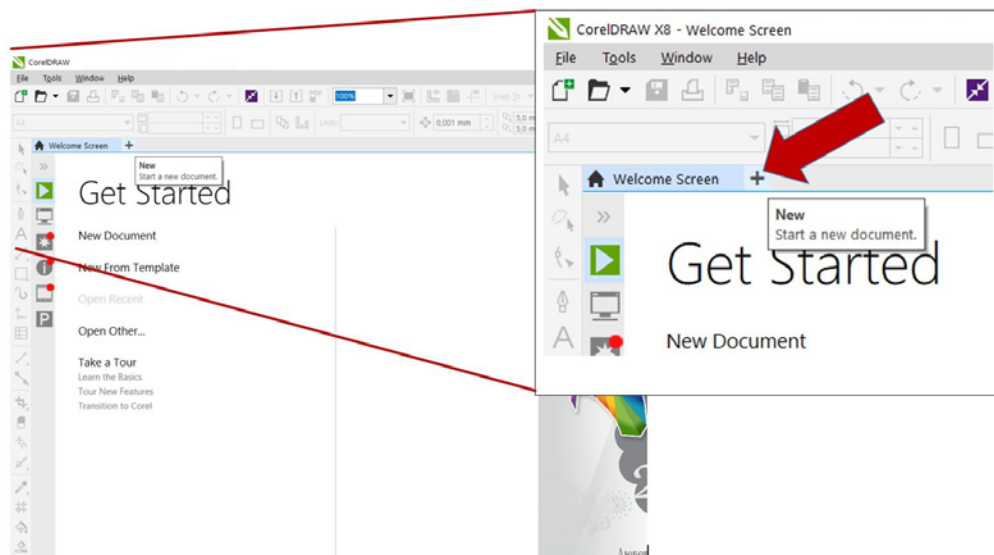
Åpne programmet ved å dobbeltklikke på snarvegen på skrivebordet. Ligger det ikke på skrivebordet lønner det seg å søke opp *CorelDRAW* ved startmenyen (forstørrelsesglasset nederst til venstre på skjermen).

#### Tips:

Det er lurt å koble til en mus når du tegner.

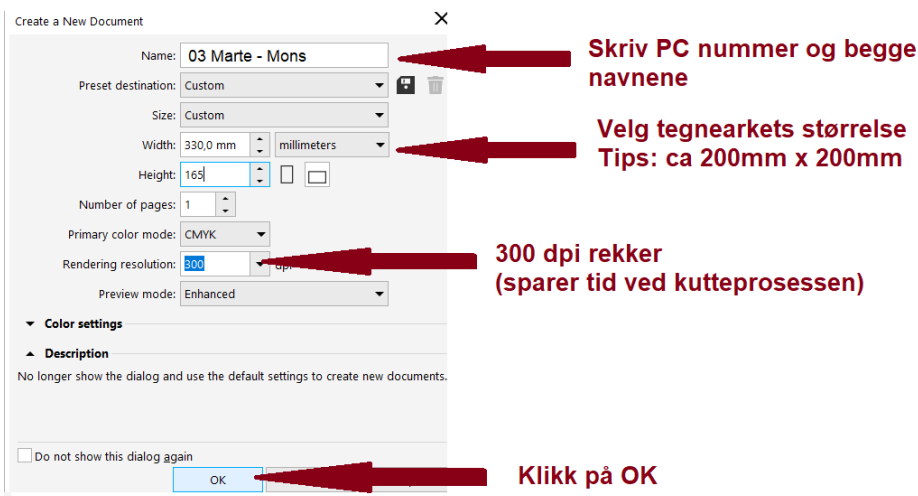
### A.2 Lage nytt dokument/tegneark – størrelse på arbeidet

Når programmet åpner seg lager du ditt eget tegneark ved å klikke på +.

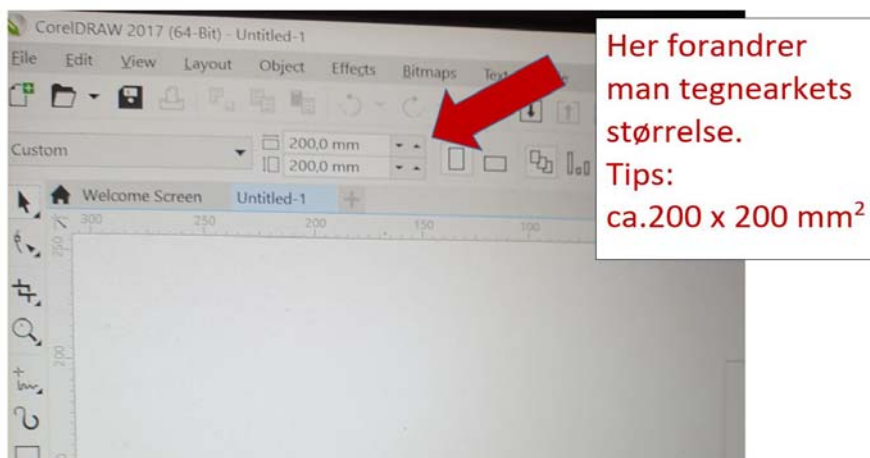


21. Brukerveiledningen for CorelDRAW er utarbeidet av Anne Birgitte Belboe, Vitensenteret i Trondheim

Et nytt verktøybilde dukker opp. Her skal du sjekke eller skrive inn 3 ting før du klikker OK.



Dersom du får opp et nytt dokument *Untitled-1* uten at menyen i bildet over vises, må du skrive inn tegnearkets størrelse som vist på bildet. Dokumentnavnet fylles inn når man lagrer dokumentet (se avsnitt 4).



### Tips til lærer:

ViT bruker 300 dpi som standard, det er tilstrekkelig. Jo større dpi, jo lengre tid vil laseren bruke (spesielt gravering). På ViT har hver PC et nummer. Når dokumentet navngis så starter navnet med nummeret på PC 'n etterfulgt av fornavnet til de to som jobber sammen. 200 x 200 mm = 20 x 20 cm som er en grei størrelse på elevarbeidet. På en standard 3mm plate av kryssfiner (2,44 m x 1,22 m) får man plass til 72 elevarbeid. Det anbefales å dele platen i mindre biter og legge dem i press så platen ikke vrir seg.

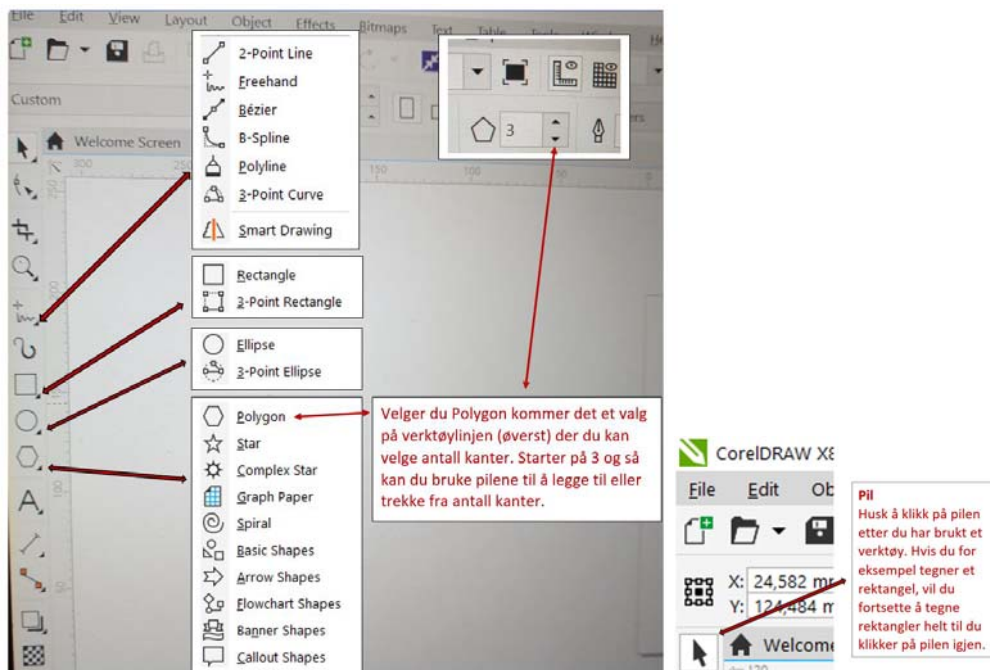


## A.3 Tegning av figurer

### A.3.1 Tegne en figur

På venstre side av programmet/skjermen finner man mange verktøy, bl.a. en rekke geometriske figurer. Klikk på den vesle pilen i hjørnet på ikonet så finner du mange valg. (Klikk = venstreklikk for høyrehåndsmus og klikk = høyreklikk for venstrehandsmus). Klikk på den figuren du vil tegne.

Flytt pekeren til tegnearket. For å tegne trykker du på og holder mustast nede, drar pekeren til ønsket størrelse og så slipper.

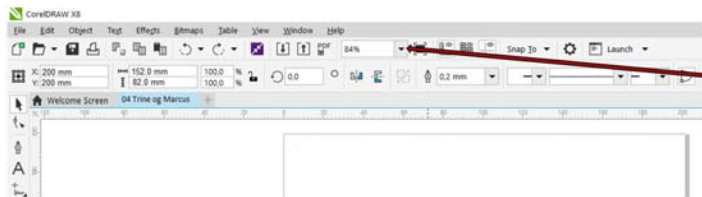


Husk å klikk på pilen etter at du har brukt et verktøy (se bilde over til høyre). Når du for eksempel velger å tegne et rektangel og har klikket på verktøyet *Rectangle*, så vil pekeren kun tegne rektangler helt til du klikker på piltasten igjen.

### A.3.2 Tips: Tilbakestill tegnearket til en grei visning

Av og til så kan man rote seg bort i skjermbildet. Man kan for eksempel greie å forminske eller forstørre visningen slik at man ikke finner igjen stedet der man har begynt å tegne. Når det skjer, kan man klikke på rullegardina ved % visning og velge *To Page*.

Man får da en visning der selve tegnearket (200 mm x 200 mm) er plassert midt på skjermen.



Her finner du tilbake hvis du har rotet deg bort på skjermen.  
Klikk på: **To Page**

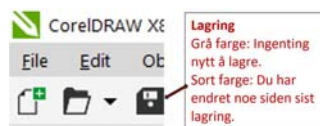
## A.4 Lagring

### A.4.1 Lagre på rett plass

Det er viktig å vite hvor man skal lagre arbeidet slik at det er lett å finne igjen dokumentet.

På ViT lagres arbeidet på en server som er tilknyttet laserkutteren.

Start med å tegne en vilkårlig figur (du kan slette den etterpå). Straks du har tegnet figuren vil lagringsikonet bli svart og du kan lagre dokumentet på ønsket plass. Første gang man lagrer et nytt dokument/tegning (klikker på ikonet) kommer det opp et nytt vindu.



#### Klikk på lagringsikonet

1. **NB! 1:**

(Se bilde til høyre)

Her må du finne rett mappe å lagre i.

- På ViT lagrer vi arbeid fra elever/lærere i: Denne PCen, Offentlig, Skole, «Navnet på skolen din», «Klassen eller gruppen du tilhører»

2. **NB! 2:**

(Se bilde til høyre)

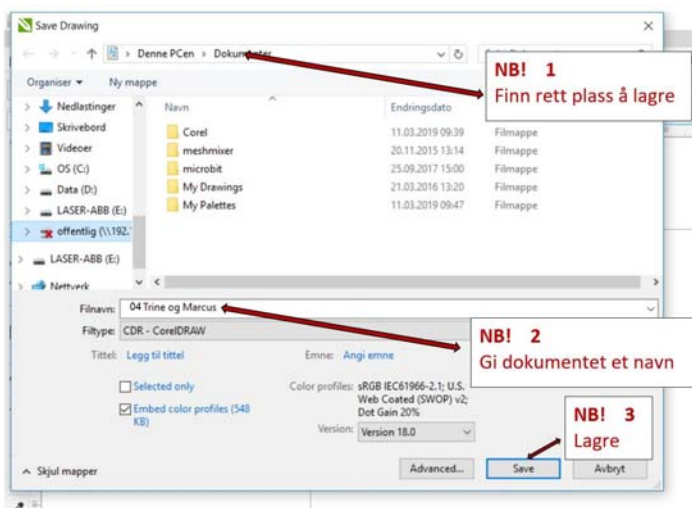
Hvis navnet er *Untitled-1*, må du gi det nytt navn

(PC nummere + begge fornavnene på medlemmene i gruppen). Hvis du allerede har gitt filen et navn i avsnitt A.2 så vil dette navnet bli stående.

3. **NB! 3:**

(Se bilde over til høyre)

Klikk Lagre/Save



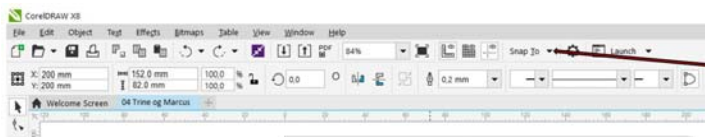


## Tips til Lærer:

Sjekk at din skole har en mappe. Hvis ikke, lag en mappe med skoles navn og deretter undermappe med navnet på din klasse eller gruppe.

### A.4.2 Tips: *Snap To - Objekt*

Sjekk at innstillingen står på *Snap To - Objekt*.



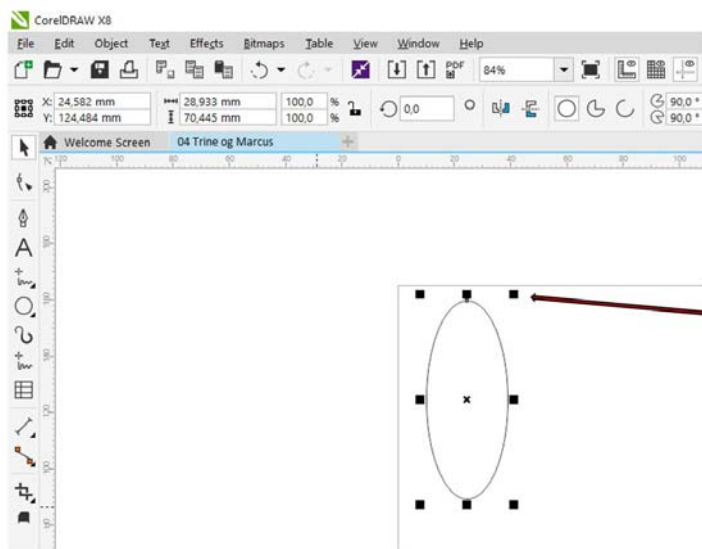
Her velger du metode for justeringer i en figur  
Hak av: **Objekt**

### A.5 Endre bredde eller høyde - låse forholdet

Når du har tegnet en figur har du muligheten til å endre på størrelsen (bredde og høyde) til figuren.

Sjekk om låsen ved verktøyet du skal bruke er låst eller åpen. Er låsen åpen så kan du endre både høyden og bredden uavhengig av hverandre, og du får en ny figur. Er låsen lukket så er det nok å endre bare en kant (f.eks. høyden) så vil bredde justere seg slik at figuren er formlik med den figuren du først tegnet.

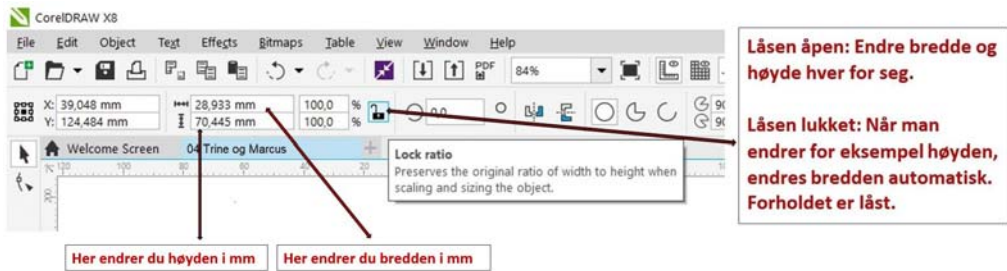
For å kunne endre størrelsen må du ha klikket/markert figuren. Man må alltid ha markert figuren som man vil gjøre noe med. Det gjelder for eksempel om man ønsker å bruke forskjellige verktøy for å endre figuren.



Når du har markert en figur så vil du se en slik «ramme» med svarte kvadrat rundt figuren. Nå kan du velge forskjellige verktøy for å gjøre endringer. Enkelte verktøy vil ikke vises hvis du ikke har markert figuren.

F.eks. kan du endre størrelsen ved å klikke i feltet for bredde eller høyde og så skrive inn nye verdier (se figuren under). Klikk Enter (på tastaturet) for at endringen skal tre i kraft.

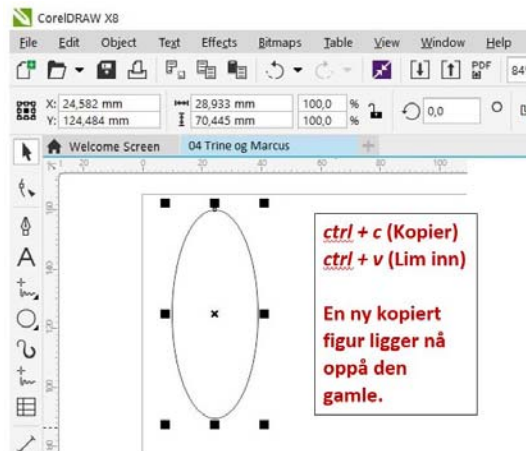
Du kan også forandre ved å endrestørrelsen i %.



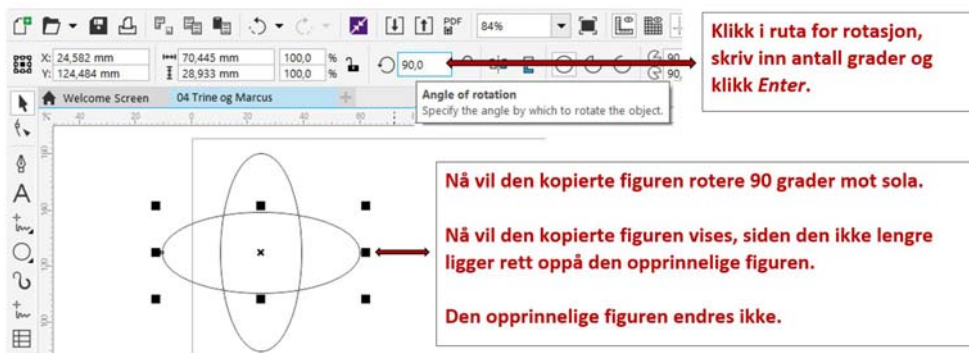
## A.6 Kopier – Lim inn – Roter

Marker figuren.

Kopier med hurtigtast (tastaturet): Hold ned tastene `ctrl + c` samtidig (nå har du kopiert).  
Lim inn med hurtigtast: Hold ned de to tastene `ctrl + v` samtidig (nå har du limt inn). Nå er en kopi av figuren limt inn akkurat oppå figuren du hadde (den er vanskelig å se).



Nå kan du endre kopien (den kopierte figuren som ligger oppå figuren).

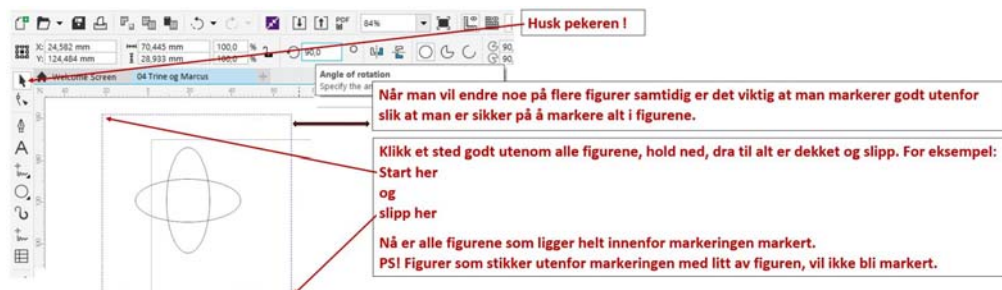


I matematikk så roteres figurer mot sola. Hvis man vil rotere med sola, må man skrive - (minus) foran, for eksempel  $-45^\circ$  (for å rotere  $45^\circ$  med sola). Man kan også skrive  $315^\circ$ . Den roterte ellipsen i bildet roterer om sentrum (og havner derfor litt utenfor tegnearket).



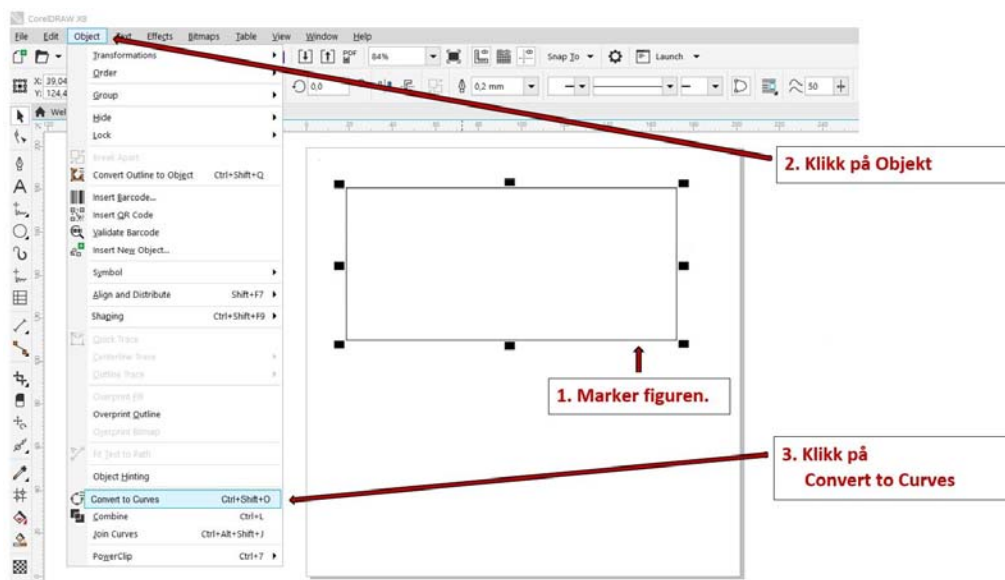
## A.7 Markere alle figurer

Figuren under viser hvordan man kan merke en gruppe av figurer.

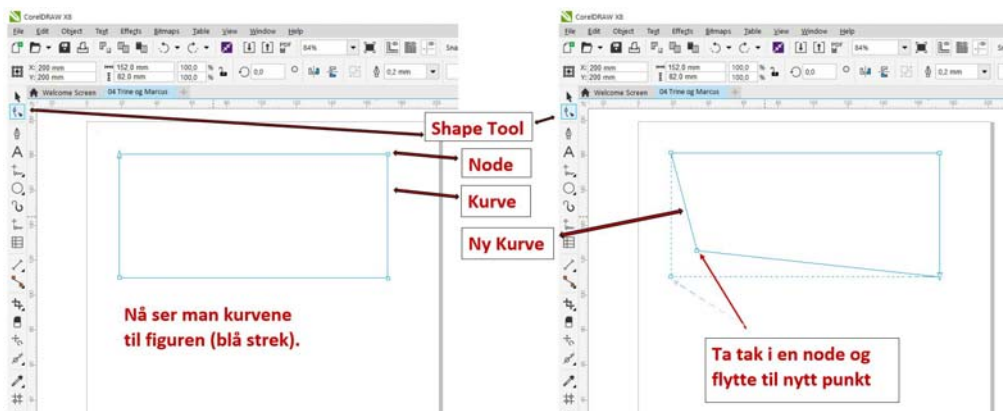


## A.8 Endre grunnformen til figurer

Ønsker man å endre en figur fra menyen (til å ha andre egenskaper), må man konvertere figuren til kurve.

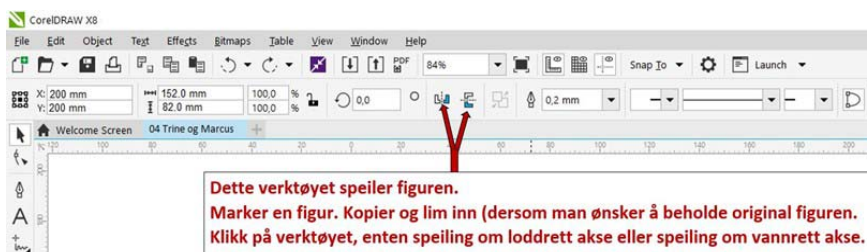


For å endre kurven til figuren må du klikke *Shape Tool* som lar deg endre kurven til figuren ved å flytte på hjørnene (*node*) i rektanget.



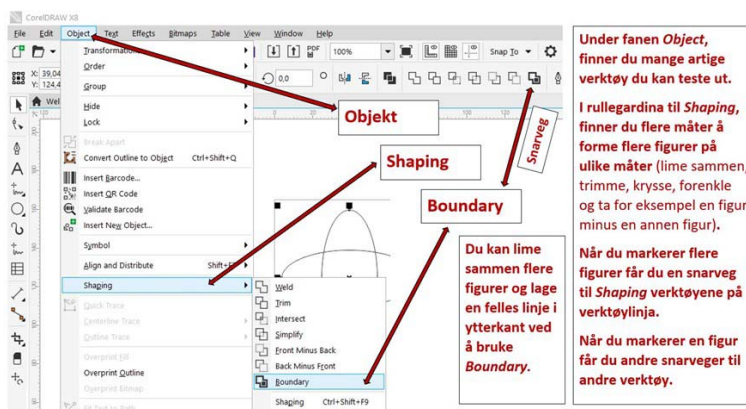
## A.9 Speiling

Figuren viser hvordan man speiler en figur om en vertikal eller horisontal akse.



## A.10 Lime flere figurene sammen og lag en felles linje i ytterkanten. Objekt – Shaping – Boundary

Figuren under viser hvordan man kan lage en sammenhengende kurve av ytterkanten av en figur som består av flere enkeltfigurer. Denne funksjonen kalles *Boundary* (grensekurve eller omhylningskurve). Funksjonen finnes i menyen under *Object* og *Shaping*, og heter *Boundary*.





## A.11 Flytt ytterlinjen av figuren – *Boundary*-linjen til ny plass.

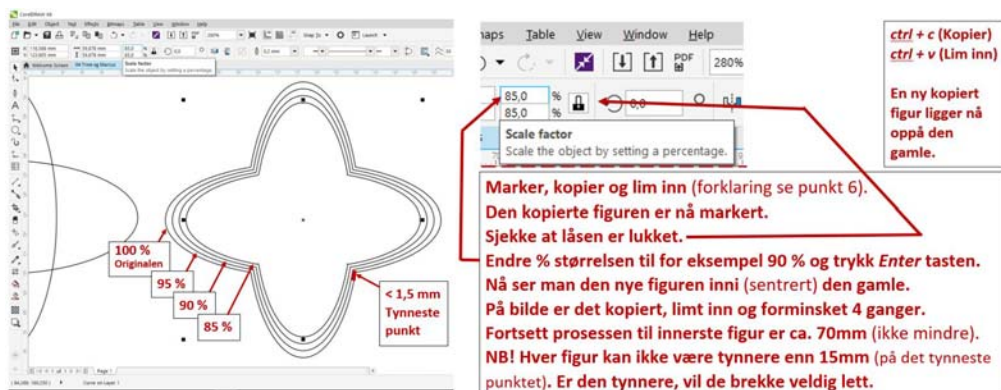
Når du har klikket *Boundary*, blir ytterlinjen liggende nøyaktig oppå kantlinjen til figurene slik at linjen er vanskelig å se. Du kan dra linjen utenfor de andre figurene slik at den blir alene og lett synlig.



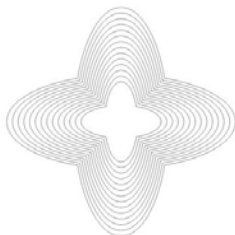
## A.12 Kopiere og forminske

Når man skal lage en skål med flere lag oppå hverandre, er det lurt å kunne legge flest mulig lag på hverandre for å få høyest mulig skål. Lagene kan ikke være så tynne at de brekker når man skal lime dem sammen. De må være tykkere en 1,5 mm målt på det tynneste stedet.

Det vil si at man må tenke på to ting samtidig, flest mulig lag, men ikke for tynne.



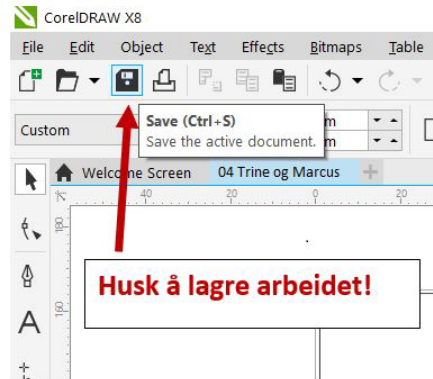
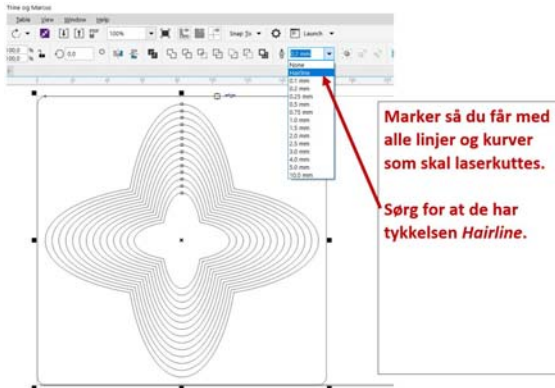
Slik kan man fortsette til man nær har fylt hele flaten med forminskede kopier av originalen.



**Hvis man fortsetter med kopi, lim inn og forminsk 13 ganger, vil det se slik ut.**

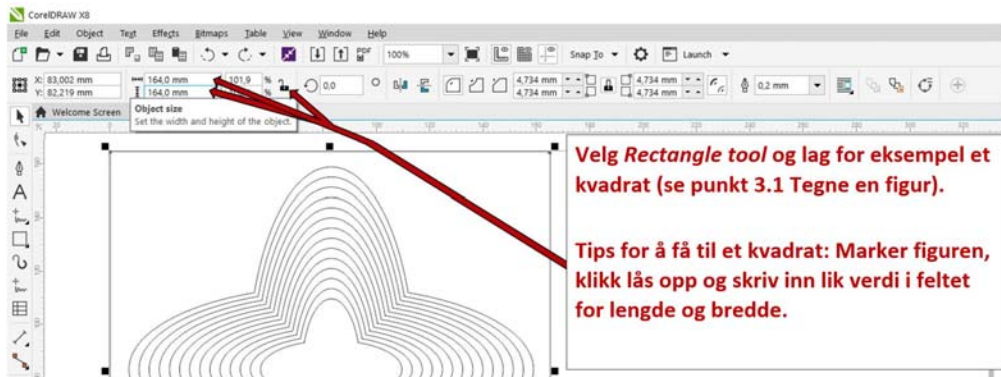
### A.13 Tykkelse på linjene - *Hairline*

Når man har tegnet ferdig (*designet*) er det viktig å markere alt og sjekke at alle linjer og kurver du skal laserkutte har tykkelsen *Hairline*. Dette er viktig siden laserkutteren graverer alle linjer som har en tykkelse på mer enn 0,177 mm (ved 300 dpi (*dots per inch*)).



### A.14 Lage ramme rundt figuren

Det er lurt å lage en ramme rundt arbeidet man skal laserkutte. Man får da et produkt ekstra som man kan dekorere, bruke som bilderamme eller bruke som sjablong eller lignende.



#### Tips:

Har man haket av *Objekt* i *Snap To* (se avsnitt A.4.2) er det lettere å få plassert en figur med samme sentrum som en annen figur.



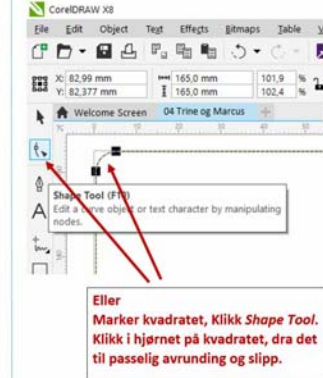
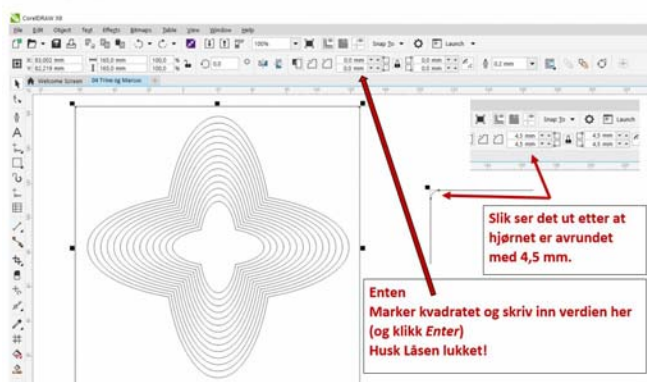
## A.15 Avrunde hjørnet

Slik kan man lage avrundete hjørner:

To forskjellige metoder

enten slik

eller slik.



## A.16 Lagre og avslutt elev PC

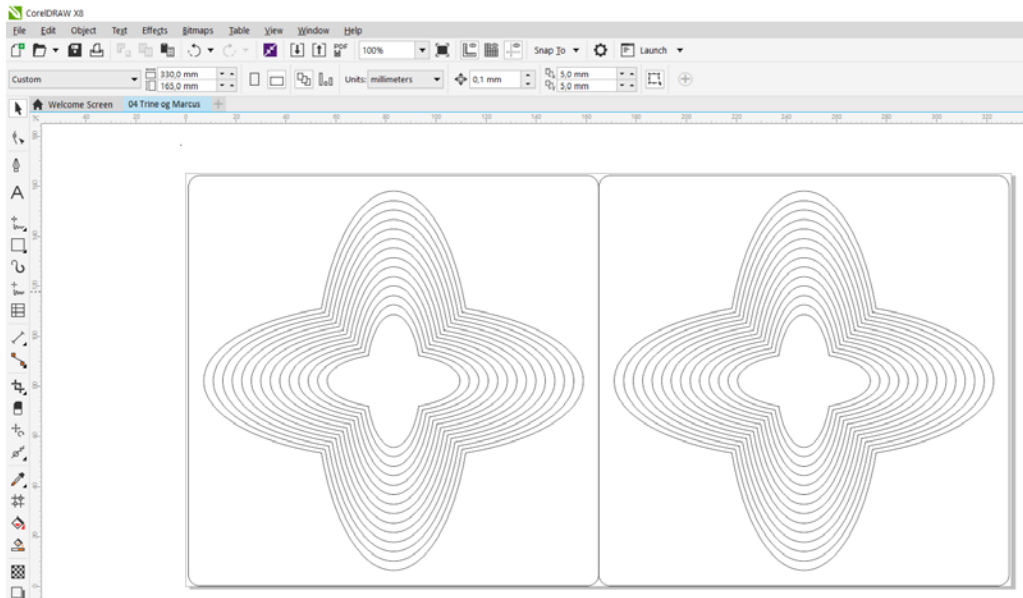
Husk at dokumentet / tegningen må lagres på rett plass. Se avsnitt A.4.1. dersom du ikke har lagret ennå. Dokumentet på Elev-PC lagres og avsluttes før den hentes opp på Lærer-PC.



## A.17 Klar til å sendes til laserkutteren

Lærer åpner opp elevens dokument på lærer-PC og klargjør filen for laserkutting. Dersom elevene ikke har kopiert et eksemplar til hver elev i læringsparet må lærer gjøre det på lærer PC. Husk å sjekke at alt som skal sendes til laserkutting har linjer og kurver i tykkelsen *Hairline*. Legg ramme rundt tegningen dersom elevarbeidet mangler det, se avsnitt A.14 og A.15.

Slik kan det se ut når filen til elevene (på elev PC 04 Trine og Marcus) er klar for laserkutteren. Dette arbeidet er 330 mm langt og 165 mm bredt. Elevene får deler til hver sin skål og en ramme hver.





## Vedlegg B Utstysrliste

### B.1 Utstyr for vinylkutting

Det er kjøpt inn fem sett med utstyr for vinylkutting av Trondheim kommune. Utstyret eies av Trondheim kommune, men kan lånes ut til skoler som jobber med vinylkutting, spesielt under DeKom.

Pakken består av tre kollar:

#### 1. Eske 1 Vinylkutter

- 1 stk. Vinylkutter Camoe 4 (A)
- 1 stk. adapter 230 V, m/nettkabel (B)
- 1 stk. USB-kabel (C)
- 1 stk. Kuttematte (D)
- 3 stk. Ekstra kuttematter 12 x 12 inch (E)
- 1 stk. pose med tilbehør skjærekniver (F)

#### 2. Eske 2 Varmepresse

- 1 stk. Stor varmpresse Siser Mod.CP912-240
- 1 stk. Nettkabel 230V
- 1 stk. Instruksjonshefte

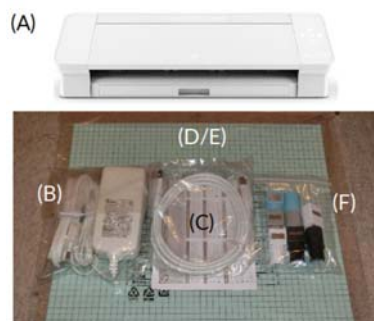
#### 3. Plastboks Tilbehør og vinyl

- 1 stk. Pirkeverktøy, spiss (A)
- 1 stk. Pirkeverktøy, flat (B)
- 1 stk. Skrape svart/blå (C)
- 1 stk. Skrape hvit (D)
- 1 stk Ark med kutteinstillinger

#### Forbruksmateriell:

- 10 stk. Vinyl HTV Flock 30 x 30 cm (E)
- 20 stk. Vinyl HTV glatt 30 x 30 cm (F)
- Div. Siser Easyweed: Grålilla - gull (G)
- Div. Siser Glitter: Flamingo pink - brown (G)
- Div. Stahls/Siser holografisk: Sparkel sølv (G)
- Div. Oracal 631 veggvinyl: Lavendel 043 (G)
- Div. Oracal 651 skiltvinyl: Brilliant blå 086 (G)
- 1 m transferetape (G)

#### Eske 1 Vinylkutter



#### Eske 2 Varmepresse



#### Plastboks Tilbehør og vinyl











Heftet er skrevet som en hjelp til gjennomføring av 5. samling av DeKom-tilbudet: Skapende aktivitet i klasserommet, som ble gitt til Okstad skole, Tomasskolen og Vikhammer/Vikhammeråsen skole våren 2021.

Målsetingen med denne femte samlingen er å gi deltakerne en grunnleggende innføring i et digitalt tegneprogram som de kan anvende for å lage og bearbeide tegninger for laserkutting og eller vinylkutting. På dette tidspunktet skal deltakerne ha fått låne vinylkuttere slik at de kan prøve seg fram på egen skole mellom samlingene.

I tillegg gir heftet ideer til programmering av roboten Bit:bot som anvender micro:bit og som er inkludert i Super:bit-kassene.

Heftet er ment som en støtte under arbeidet på kursdagen, men mest som en hjelp i det etterfølgende arbeidet i klasserommet, dog ikke uten videre for utdeling til elevene.

Nils Kr. Rossing ([nkr@vitensenteret.com](mailto:nkr@vitensenteret.com))  
Dosent i naturfagdidaktikk ved NTNU og prosjektleder ved Vitensenteret i Trondheim.

Ola Kleiven ([ola@vitensenteret.com](mailto:ola@vitensenteret.com))  
Lærer og prosjektleder for Super:bit-prosjektet ved Vitensenteret i Trondheim

Rannvei Sæther ([rannvei@vitensenteret.com](mailto:rannvei@vitensenteret.com))  
Pedagog ved Vitensenteret i Trondheim

Anne Birgitte Belboe ([annebirgitte@vitensenteret.com](mailto:annebirgitte@vitensenteret.com))  
Lærer og skaperlærer ved Vitensenteret i Trondheim

Eva H. Hagen ([eva@vitensenteret.com](mailto:eva@vitensenteret.com))  
Leder formidleravdelingen Vitensenteret i Trondheim